



KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ
YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**İskeletsel Sınıf III Maloklüzyon Hastalarında Lefort I
Kortikotomisinin Temporomandibular Eklem (TME) ve Üst
Çene Üzerindeki Etkilerinin 3 Boyutlu Sonlu Eleman
Analizi ile Değerlendirilmesi**

MOHAMED MEJBEL

Doktora tezi

AĞIZ , DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

Doç.Dr. Lokman Onur Uyanık

2021 LEFKOŐA

YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ

TEZ ONAYI

LİSANSÜSTS EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jüri tarafından ağız, diş ve çene cerrahisi programında doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

Danışman: Doç.Dr. Lokman Onur Uyanık

Yakın Doğu Üniversitesi

Jüri Üyesi:

Jüri Üyesi:

Jüri Üyesi:

Bu tez, yukarıdaki jüri üyeleri tarafından Yakın Doğu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca onaylanmış ve Enstitü Yönetim Kurulu tarafından kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Hüsnü Can Başer

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, LEFKOĞA
2021

İmzalı İntihal Formu

Öğrencinin Adı ve Soyadı: Dr. Mohamed Mejbel

Öğrenci Numarası: 20156699

Program:

Tezsiz Yüksek Lisans Tezli Yüksek Lisans Doktora

İşbu belge ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışma için orijinal olmayan tüm materyalleri tamamen gösterdiğimi ve referans verdiğimi beyan ederim. Ayrıca, akademik kuralların ve ilgili etik davranışların herhangi bir şekilde ihlalinin intihal olarak kabul edileceğini ve üniversiteden atılmaya neden olabilecek ve diğer yasal işlemleri gerektirecek disiplin soruşturmasına yol açacağını beyan ederim.

.....

(İmza)

TEŞEKKÜR

Başarılı olmam için beni destekleyene, geceleri uyumayana, emeğini, vaktini ve hatta dualarını bana esirgemeyenlere teşekkür ve sevgilerimi dilerim.

Ailemle başlayarak, iki sevgilim annem ile rahmetli babam, yol arkadaşım ve attığım her adımda beni destekleyen eşim, ve bana verdikleri destekleri için kendilerine çok minnettar olduğum kardeşlerim Dr. Abdulkerim, Dr. Abdulrahman ve Abdulsattar'dan da özellikle bahsetmek isterim.

Akademik kariyerime gelince,

Bana çok zamanlarını ayıran ve emeği geçen supervisor hocalarıma da teşekkür ederim.

Bana birçok bilgilerini ve yaşam deneyimlerini verenler hocam ve ağabeyim Doç.Dr. Lokman Onur Uyanık ile bölüm başkanı Doç. Dr. Aysa Ayalı ile Prof .Dr. Şenol Tüzüm ile Doç. Dr. Kani Bilginaylar ile Doç. Dr. Oğuz Buhara ile Yrd. Doç. Dr. Mehmet Gagari Caymaz bütün hocalarıma da teşekkür ederim ve ayrıca ağız diş ve çene cerrahisi bölümü'ndeki tüm meslektaşlarıma, Yakın Doğu Üniversitesi'nde bulunan hemşirelere, yöneticilere ve öğrencilere de teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

1. Giriş.....	3
2. Genel Bilgi.....	5
2.1. Üst Çene Anatomisi.....	5
2.2. Temporomandibular Eklem Anatomisi.....	8
2.3. Angle maloklüzyon sınıflandırması.....	11
2.3.1. Angle Sınıf I maloklüzyonlar.....	11
2.3.2. Angle Sınıf II maloklüzyonlar.....	11
2.3.2.1. Angle Sınıf II Divizyon 1 Maloklüzyon.....	12
2.3.2.2. Angle Sınıf II Divizyon 2 Maloklüzyon.....	12
2.3.3. Angle Sınıf III maloklüzyonlar.....	12
2.3.3.1. Angle Sınıf III maloklüzyonun etiyojisi.....	13
2.3.3.2. Angle Sınıf III maloklüzyonun özellikleri.....	14
2.3.3.3. Angle Sınıf III maloklüzyonun yönetimi.....	16
2.4. Lefort I.....	27
2.5. Le Fort I osteotomisi ve ayırma kırığı (down fracture).....	39
2.6. Sonlu Elemanlar Analizi (FEA).....	46
3. Materyaller ve Metotlar.....	52
4. Bulgular.....	59

4.1. Yer değiştirme.....	59
4.2. Stres Dağılımı.....	60
5. Tartışma.....	70
6. Sonuç.....	73
7. Referanslar.....	74

KISALTMALAR VE SEMBOLLER LİSTESİ

°	Derece
%	Yüzdalik
µm	Mikrometre
MPa	Megapaskal
Gr	Gram
N/mm ²	Newton / milimetre kare
Mm	Milimetre
Ml	Mililitre
H	Saat
TME	Temporomandibular eklem
TMEH	Temporomandibular eklem hastalıkları
BAMP	Kemik destekli maksiller protraksiyon (<i>bone anchored maxillary protraction</i>)
2D	İki boyutlu
3D	Üç boyutlu
FEA	Sonlu elemanlar analizi
PDL	Periodontal ligament
DML	Disco malleolar ligament

AML	Anterior malleolar ligament
BSI	İngiliz Standart Enstitüsü
CT	Bilgisayarlı tomografi
CAD	Bilgisayar destekli tasarım
DICOM	Tıpta dijital görüntüleme ve iletişim
TAP	Transpalatal ark
ANS	Anterior nasal spina

TABLO LİSTESİ

Tablo 1 Üst çenedeki kortikal kemiğin kalınlığı

Tablo 2 Alt çenedeki kortikal kemik kalınlığı

Tablo 3 Elemanların ve düğümlerin sayısı

Tablo 4 Materyallerin mekanik özellikleri

Tablo 5 Birinci apareyde maksiller yer değiştirme

Tablo 6 İkinci apareyde maksiller yer değiştirme

Tablo 7 Birinci aparey için temporomandibular eklemdaki stres dağılımı

Tablo 8 İkinci aparey için temporomandibular eklemdaki stres dağılımı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Üst çene (posterior oblik görünüm)

Şekil 2 Eklem diski, fossa, kondil (lateral görünüm), diskin ön bandı (Anterior border), diskin orta bölümü (Intermediate zone), diskin arka bandı (Posterior border)

Şekil 3 Çenelik (Chin cup) apareyi

Şekil 4 Yüz maskesinin (face mask) parçaları: A. Alın pedi, B. Çene pedi, C. Metal iskelet, D. Ağız içi elastikler için yuva

Şekil 5 Delaire tipi yüz maskesi

Şekil 6 Tübingen tipi yüz maskesi

Şekil 7 Petit tipi yüz maskesi

Şekil 8 Bukkal mukoza insizyonu

Şekil 9 Üst çenenin hem bukkal hem de nazal tarafında periost elevasyonu

Şekil 10 Osteotomi alanında uzaklaştırılan kemik miktarının kumpas ile ölçülmesi

Şekil 11 Piriform fossadan tuber maksillaya kadar yapılan üst çene kesisi

Şekil 12 Anterior nazal spinadan nazal septum disartikülasyonu ve üst çenenin septal kreti

Şekil 13 Pterygoid plaka ayırma

Şekil 14 Maksillomandibular blok yapıldıktan ve glenoid fossada merkezi kondiler pozisyonu kontrol edildikten sonra yapılan maksiller fiksasyon

Şekil 15 Birinci aparey (iskelet destekli yüz maskesi)

Şekil 16 İkinci aparey (kemik destekli sınıf III traksiyon apareyi)

Şekil 17 Birinci apareydeki yer değiştirme miktarı (X düzlem)

Şekil 18 Birinci apareydeki yer değiştirme miktarı (Y düzlem)

Şekil 19 Birinci apareydeki yer değiştirme miktarı (Z düzlem)

Şekil 20 İkinci apareydeki yer değiştirme miktarı (X düzlem)

Şekil 21 İkinci apareydeki yer değiştirme miktarı (Y düzlem)

Şekil 22 İkinci apareydeki yer değiştirme miktarı (Z düzlem)

Şekil 23 İskelet destekli yüz maskesinde stres dağılımı

Şekil 24 Kemik destekli Sınıf III traksiyon apareyinde stres dağılımı

Özet

Amaç: Bu çalışmada, iskeletsel sınıf III maloklüzyon hastalarında, iki farklı osteotomi protokolü ve iki farklı maksiller protraksiyon apareyi kullanılarak yapılan Lefort I kortikotomisinin temporomandibular eklem (TME) ve üst çene üzerindeki etkisinin üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyaller ve Metotlar: Lefort I kortikotomi için iki farklı tipte osteotomi (Tip A ve Tip B) yapıldıktan sonra, üst çeneye her bir taraf için 500 gr protraksiyon kuvveti uygulanmıştır. Bu amaçla Delaire tipi iskelet destekli yüz maskesi ve kemik destekli sınıf III traksiyon apareyi kullanılmıştır.

+

Bulgular: İskelet destekli yüz maskesi apareyi için her iki osteotomi tipi de saat yönünde rotasyon gösterirken; kemik destekli sınıf III traksiyon apareyinde her iki osteotomi tipi de saat yönünün tersine rotasyon göstermişlerdir. Sagital düzlemde, en yüksek anterior yer değiştirme miktarı, tip A osteotomide kemik destekli sınıf III traksiyon apareyinde gözlemlenmiştir. Temporomandibular eklem (TME) için, maksimum stres dağılımı, iki apareyde de kondilin anterior tarafında ve glenoid fossanın üst tarafında yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte, kemik destekli sınıf III traksiyon apareyinde stres dağılımının, iskelet destekli yüz maskesinden daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Sonuç: Lefort I kortikotomi kullanımı yetişkin hastalarda maksiller protraksiyon için yararlı bir alternatif metot olabilir. Kemik destekli sınıf III traksiyon apareyinin, iskelet destekli yüz maskesine göre maksiller anterior yer değiştirme konusunda daha etkili olduğu anlaşılmıştır. Bununla birlikte, TME üzerindeki stres dağılımının kemik destekli sınıf III traksiyon apareyinde yüz maskesine göre daha fazla olduğu saptanmıştır.

Ayrıca, A tipi osteotomideki rotasyon miktarının, B tipi osteotomideki rotasyon miktarından daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lefort I kortikotomi, temporomandibular eklem, maksiller retraksiyon, yüz maskesi, sonlu elemanlar analizi.

1. ` GİRİŞ

Retrognatik üst çeneden köken alan iskeletsel sınıf III maloklüzyonlar, büyüme döneminde üst çene protraksiyonu ile tedavi edilir. Yüz maskesi (face mask) kullanımı, retrognatik üst çeneye sahip Angle Sınıf III vakalarını rehabilite etmek amacıyla en sık tercih edilen yaklaşımlardan biridir. Yüz maskeleri mini plakalarla birlikte maksillofasiyal iskeletsel kompleks üzerindeki ortopedik kuvvetleri kullanmak amacıyla geçici ankraj apareyleri olarak kullanılmaktadır. Bu tip yüz maskeleri, geleneksel yüz maskesi tedavisinin olumsuz etkilerini de azaltmıştır (Cha ve Ngan., 2011).

2009 yılında De Clerck ve arkadaşları kemik destekli maksiller protraksiyon (Bone anchored maxillary protraction-BAMP) adlı alternatif bir yöntemden bahsetmiştir.

De Clerck ağız içi elastikleri birçok ağız içi mini plağa bağlamıştır ve böylece dento-alveolar etkileri önlemiş, hasta kooperasyonunu arttırmışlardır. Ancak bu yöntemler, cerrahi işlem gerektiren erişkin hastalarda etkili bulunmamıştır (Lefort I osteotomi).

Maksiller osteotomide down-fracture, ödem ve kanamaya neden olabilir (Yamauchi ve ark., 2006). Down-fracture olmaksızın Lefort I osteotomisinin kullanılmasının, nazal septumda genişletilmiş subperiosteal kaldırma ihtiyacını ve mukoza yaralanmalarını azalttığı bilinmektedir. Ayrıca ameliyat süresi minimuma indirilmektedir, operasyon sahasındaki kanama ve olası diğer vasküler komplikasyonlar azaltılmaktadır (Yamauchi ve ark., 2006).

Son otuz yılda ortodontik tedavi ile temporomandibular eklem TME bozuklukları arasındaki ilişkileri inceleyen çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Kim ve ark., 2002; Tanne ve ark., 1996; Wyatt, 1987). Ortodontik tedavinin, temporomandibular eklem bozukluklarının hafif belirtilerini artırdığını bildiren çalışmalara da literatürde rastlanmaktadır (Nielsen ve ark. 1990; Smith ve Freer, 1989).

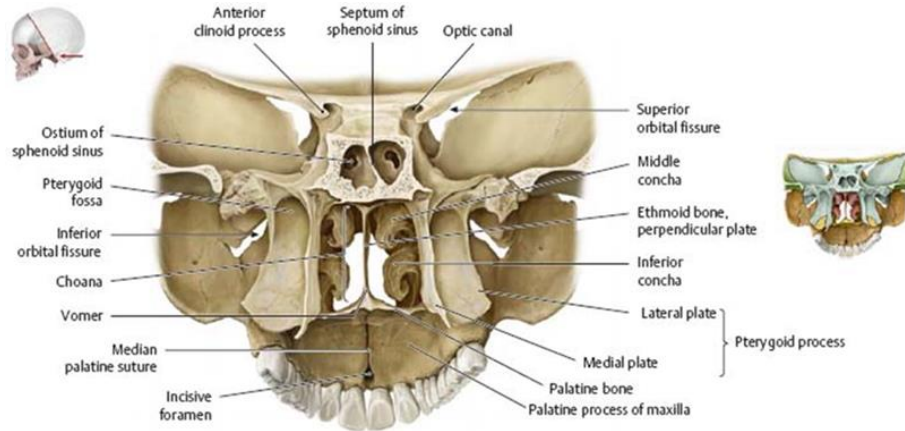
Bu nedenle, bu streslerin TME'deki konsantrasyonunu ve dağılımını bilmek, bu yapının maksiller protraksiyon sırasında nasıl davrandığını anlayabilmek için gereklidir. Bu çalışma, iskeletsel sınıf III maloklüzyon hastalarında, iki farklı osteotomi protokolü ve iki farklı maksiller protraksiyon apareyi kullanılarak yapılan Lefort I kortikotomisinin TME ve üst çene üzerindeki etkisinin üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmesini amaçlamıştır.

2- GENEL BİLGİLER:

2.1. Üst Çene Anatomisi

Üst çene, orta yüzün en önemli kemiğidir. Merkezi bir konuma sahiptir ve viskerokraniuma yapısal destek sağlar. Yüz mimarisinde temel bir role sahip olması, burun ve ağız boşluklarını ayırması, üst çene oluşturması ve maksiller sinüsü içermesi nedeniyle hem fonksiyonel hem de estetik önem arz etmektedir (Dalgorf ve ark., 2008; Kühnel ve ark., 2015).

Üst çene sağ ve sol maksiller kemiklerin orta hatta füzyonu ile üst çene kemiği (os maxillaris) oluşmaktadır. Üst çene kemiği piramit şeklindedir. Tabanı burun boşluğuna bitişiktir. Zigomatik proçes tepesini, maksiller sinüs ise gövdesini oluşturur (Okay ve ark., 2001). Üst çene, çevredeki yüz yapılarına dört proçesle bağlanır: alveolar, frontal, zigomatik ve palatinal. Üstte frontal kemikle, lateral olarak zigomatik kemikle, arkada palatin kemiğiyle ve altta üst dişler sayesinde alveolar proçesle bağlantı kurar. Önde, piriform açıklığın alt ve yan sınırlarını oluşturur ve frontal proçesin ön sınırında medial olarak burun kemikleri ile bağlantı kurar.



Şekil 1: Üst çene (posterior oblik görünüm) (Drake ve ark., 2020)

Alveolar Proceş

Alveolar proceş, üst dişler için bir dayanak noktası görevi görür. Eğri kısmı öne bakacak şekilde at nalı konfigürasyonuna sahiptir. En alt düzlemde bulunur, sert damağın altında yer alır, maksiller sinüslerin arkasına doğru uzanarak maksiller tüberositeyle sonlanır. Alveolar arterler, alveolar sinirler ve periodontal ligamentler, üst dişleri beslemek ve innerve etmek için alveolar proceş içindeki kanallardan geçerler (Saffar ve ark., 1997).

Palatinal (Palatal) Proceş

Sol ve sağ üst çene, palatinal proceşler boyunca orta hatta birleşir ve orta maksiller sütürü oluştururlar. Üstte, palatinal proceşlerin birleşimi, ön burun tabanını ve piriform açıklığın alt sınırını oluşturur. Altta, insiziv kanalın bulunduğu sert damak ön kısmını oluşturur (Sadrameli ve Mupparapu, 2018). Bu osseöz kanal, burun ve ağız boşluğunu birbirine bağlayarak; nazopalatin sinire ve sfenopalatin artere bir kanal görevi görür. Üstte nazal septumun her iki yanında yer alan superior nazal (Stensen's) foraminadan başlayan kanal, insiziv papilla altında ve orta kesici dişlerin arkasında yer alan insiziv fossada sonlanır (Lake ve ark., 2018).

Zigomatik Proceş

Zigomatik proceş, maksillanın en lateral kısmıdır. Maksiller sinüsün superolateral sınırını oluşturur, birinci maksiller moların üzerinde yer alır, altta alveolar proceşle ve superomedialde frontal proceşle bitişiktir. Alveolar proceşle birlikte zigomatik proceş orta yüze yapı sağlamada çok önemli bir rol oynar (Sadrameli ve Mupparapu, 2018). Zigomatik kemik ile bağlantı oluşturur ve malar çıkıntının ve yüz genişliğinin izdüşümünden sorumlu olduğu için önemli bir işlevi vardır (Okay ve diğerleri, 2001). Zigomatik proceşin ve medial piriform açıklığın lateralinde, üst çenenin ön yüzeyini oluşturan ve fossa

canina olarak bilinen bir çöküntü mevcuttur (Soriano ve Das, 2019). Ayrıca ön yüzeyde, zigomatik proçesin aşağısında ve alveolar proçeslerin yukarısında zigomatikoalveolar krest yer almaktadır. Bu anatomik yapı, maksiller kırıkları sınıflandırmada oldukça önemlidir (Kühnel ve ark., 2015). (Soriano ve Das, 2019). Ayrıca ön yüzeyde, zigomatik işlemden daha düşük ve alveolar işlemlerden daha süperior olan, maksiller kırıkların sınıflandırılmasında temel bir yapı olan zigomatikoalveolar krest olarak bilinen başka bir çöküntü oluşur. (Kühnel ve ark., 2015).

Frontal Proçes

Frontal proçes, her bir maksiller kemiğe göre üstte ve medialde uzanır. Her frontal proçes, üstte frontal kemik ile, medialde ise nazal kemiklerle bağlantı oluşturur. Nazolakrimal kanalın ön duvarını şekillendirir. Frontal kemik ve burun kemiği ile birleşerek alının alt ve orta kısmını oluşturmasının yanı sıra burun köprüsünün şekillenmesine de katkıda bulunur (Danesh-Sani ve ark., 2016; Ogle ve ark., 2012)

Maksiller Sinüs

Üst çenenin gövde kısmı oyuk şeklindedir ve merkezinde maksiller sinüs olarak adlandırılan hava dolu bir boşluk bulunmaktadır. Maksiller sinüs hacmi, yetişkinlerde yaklaşık 15 ml'dir ve paranasal sinüslerin en büyüğüdür. Maksiller kemiğe benzer şekilde piramidal bir şekle sahiptir; tabanını sinüsün medial duvarı olan lateral burun duvarı oluştururken; piramidin tepe noktası, elmacık kemiğine doğru lateral olarak konumlanır. Önde premolar dişlerden başlayarak arkada yaklaşık olarak üçüncü molar diş hizasına kadar uzanır. Anatomik bir varyasyon olarak, zaman zaman zigomatik proçesi süperolateral olarak ve maksiller tüberositeyi inferolateral olarak pnömatize eder (Sadrameli ve Mupparapu, 2018). Sinüsün çatısı orbita tabanının bir parçasını oluşturur ve orbital çemberin yaklaşık 1 cm altındaki infraorbital forameninden çıkan

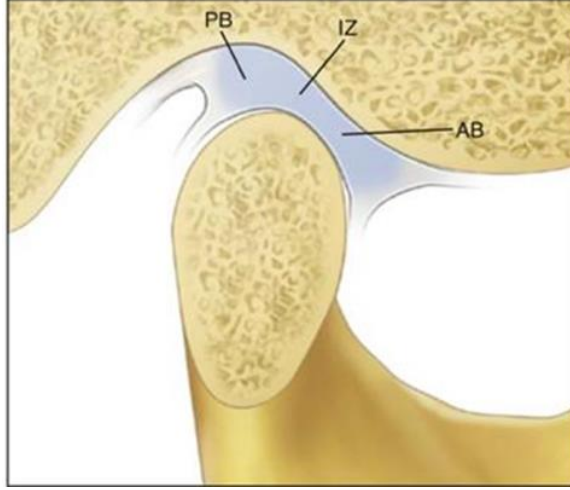
infraorbital nörovasküler sinir demetini taşıyan infraorbital kanalı içerir (Haghnegahdar ve ark., 2018). Sinüs tabanı, alveolar proçesin üzerinde uzanır ve molar dişlerin kök uçlarına yakın konumlanır. En alçak noktası birinci molar diş bölgesinde gözlemlenir.

Sinüs tabanının konumu, yaşa göre değişmekle birlikte, burun tabanı ile aynı seviyede veya burun tabanının yaklaşık 1 cm altında olabilmektedir. Medial duvar nazolateral duvarın bir parçasını oluşturur ve iki önemli anatomik yapı içerir: Maksiller sinüs ostiumu ve nazolakrimal kanal. Maksiller sinüs ostiumu, medial duvarın ön-üst kısmında yer alır ve burun boşluğunda orta meatusa açılan etmoid infundibulumu akar. Nazolakrimal kanal, orbitanın medial duvarından köken alır ve aşağıya doğru maksiller sinüs boyunca medial olarak ilerler, sinüs ostiumunun önünde seyrederek, en sonunda inferior meatusa drene olur (Danesh-Sani ve ark., 2016; Ogle ve ark., 2012).

2.2. Temporomandibular eklem anatomisi:

TME, yaşam için gerekli olan karmaşık hareketlere izin veren bi-artroidal menteşe eklemidir. TME, mandibulanın kondiler başı ile temporal kemiğin mandibular fossası arasında oluşan bir eklemdir (Şekil 2). Bu sistem TME, dişler ve yumuşak dokudan oluşur; nefes alma, yeme ve fonasyonda önemli rol oynar (Di Fabio, 1998). TME'nin disfonksiyonu şiddetli ağrıya ve yaşam kalitesinde kısıtlamalara neden olabilir.

Temporomandibular eklem bozuklukları yaygındır ve hastalar genellikle fizyoterapi tavsiyesi ve tedavisine ihtiyaç duymaktadır.



Şekil 2: Eklem diski, fossa, kondil (lateral görünüm), diskin ön bandı (*Anterior border*), diskin orta bölümü (*Intermediate zone*), diskin arka bandı (*Posterior border*) (Okeson., 2019)

Doğru tanı ve uygun tedavi için TME' nin anatomisi ve ilgili yapılar hakkında detaylı bilgiye sahibi olmak oldukça önemlidir. TME, sinoviyal, kondiler ve menteşe tipi bir eklemdir. Eklem, fibrokartilajinöz yüzeyler ve eklemi iki boşluğa ayıran bir disk içerir (Magee, 2014). Söz konusu üst ve alt eklem boşlukları, ayrı üst ve alt sinoviyal membranlarla kaplıdır (Moore ve ark., 2013).

Kapsül

Kapsül, eklemi çevreleyen ve artiküler eminense, artiküler diske ve mandibular kondilin boyun kısmına bağlanan fibröz bir zardır.

Eklem diski

Eklem diski, temporomandibular eklemde iki eklem yüzeyi arasında uzanan kapsülün fibröz bir uzantısıdır. Disk, üstte temporal kemiğin mandibular fossası, altta alt çenenin kondiler proçesi ile eklem oluşturur. Disk, eklemi her biri kendi sinoviyal membranına sahip iki bölüme ayırır. Disk aynı zamanda kollateral bağlarla medial ve lateral olarak kondile bağlanır. Diskin ön kısmı, eklem kapsülüne ve lateral pterygoidin üst kısmına bağlanır. Arka kısmı ise

mandibular fossa ile etkileşimdedir ve retrodiskal doku olarak adlandırılır (Miloró ve ark., 2004).

Retrodiskal doku

Diskin kendisinden farklı olarak, retrodiskal doku vaskülerdir ve yüksek oranda innerve edilir. Sonuç olarak, retrodiskal doku, özellikle eklemden iltihap veya kompresyon olduğunda, genellikle temporomandibular eklem ağrısına büyük oranda katkıda bulunur (Langendoen ve ark., 1997).

Ligamentler

Ligamentler, TME'ye pasif stabilizasyon sağlar. Temporomandibular ligament, kapsülün kalınlaştırılmış lateral bölümüdür ve iki kısma sahiptir: 1) Dış oblik kısım, 2) İç horizontal kısım. Stylo-mandibular ligament, styloid süreçten angulus mandibulaya kadar uzanır. Sfenomandibular ligament, sfenoid kemikten mandibula lingulasına kadar uzanır. Oto-mandibular ligamentler, malleustan (orta kulak kemikçiklerinden biri) köken alan ve TME'nin medial retrodiskal dokusuna kadar uzanan disko malleolar ligaman (DML) ve malleustan çıkıp, sfenomandibular ligaman yoluyla mandibulanın lingulası ile bağlantı kuran anterior malleolar ligamandır (AML) (Loughner ve ark., 1989; Rowicki ve Zakrzewska, 2006). Oto-mandibular ligamanlar, TMD ile ilişkili tinnitusta rol oynayabilir. Tinnitus ve ipsilateral TME bozukluğu arasında pozitif bir ilişki de saptanmıştır (Kuttila ve ark., 2005; Ren ve Isberg, 1995). Herhangi bir TME bozukluğunun DML ve AML'yi gererek orta kulak yapısını ve dengesini etkileyebileceği yapılan diğer çalışmalarda öne sürülmüştür (Cheynet ve ark., 2003; Eckerdal, 1991; Kim ve ark., 2004; Wright ve Bifano, 1997). Ayrıca, Aristeguieta ve arkadaşları (2009), değişen ossiküler durumlarda (iletken orta kulak patolojileri gibi) ortaya çıkan kulak bağlantılı semptomların (kulak çınlaması, kulak ağrısı, baş dönmesi ve hipoakuzi) çiğneme sistemindeki patolojilerden de köken alabileceğini bildirmişlerdir.

2.3. Angle'ın Maloklüzyon Sınıflandırması

1890'larda Angle'ın maloklüzyon sınıflandırmasının ortaya çıkması, ortodonti gelişiminde önemli bir adım olarak kabul edilir. Çünkü bu sınıflandırma sadece ana maloklüzyon tiplerini alt bölümlere ayırmakla kalmamıştır; aynı zamanda doğal dişlerde normal oklüzyonun ilk açık ve basit tanımlamasını da yapmıştır. Angle'ın varsayımı, üst birinci azı dişlerinin oklüzyon için anahtar olduğu, üst ve alt molarların ilişkide olduğu, maksiller molarların mesiobukkal tüberküllerinin ise mandibular molarların bukkal oluşuna yerleştiği yönündeydi. Dişlerin düzgün kıvrımlı bir oklüzyon çizgisi üzerinde yerleşmiş olduğu ve yukarıda belirtilen molar ilişkisinin mevcut olduğu durumda normal bir oklüzyondan bahsedilebileceği Angle tarafından bildirilmiştir. (Angle, 1900). 100 yıllık deneyimin doğru olduğunu kanıtlayan bu ifade, diş boyutunda anormallikler olduğu durumlar dışında, normal oklüzyonu mükemmel bir şekilde basitleştirmiştir. Angle, daha sonra birinci molar dişlerin oklüzal ilişkilerine dayanarak üç farklı maloklüzyon sınıfı tanımlamıştır.

2.3.1. Sınıf I maloklüzyon: Bu maloklüzyonda, çoğunlukla normal ön-arka diş ilişkilerinin yanı sıra diş boyutu ve dental ark uzunluğu arasında bir tutarsızlık mevcuttur. Tutarsızlık genellikle çapraşıklıktır ve daha seyrek olarak dişler arasında aşırı diastema mevcudiyetidir. Sınıf I maloklüzyona sahip hastalar normalden daha büyük dişlere, normalden daha küçük dental ark uzunluklarına ve normalden daha küçük dental ark genişliğine sahiptir. Sınıf I maloklüzyonlarda, overbite ve overjet farklılık gösterebilmekte; ön ve arka çapraz kapanışlar görülebilmektedir.

2.3.2. Sınıf II maloklüzyon: Sınıf II maloklüzyonlar, genellikle bir dental ve/veya iskeletsel anomali veya her ikisinin bir birleşimi olarak tanımlanır. Bu maloklüzyonlarda, mandibular dişler, maksiller dişlerin yarım tüberkül genişliği kadar distalinde konumlanır. Angle (Angle, 1907), maksiller santral kesici dişlerin eğimine göre Sınıf II maloklüzyonu 2 şekilde tasvir etmiştir: Sınıf II Divizyon 1 ve Sınıf II Divizyon 2.

2.3.2.1. Angle Sınıf II Divizyon 1 Maloklüzyonu

Sınıf II Divizyon 1 maloklüzyonlarda, alt dişler üst dişlere uzaktır ve bu durum genellikle normalden daha büyük olan overjet ilişkisi ile sonuçlanır. Üst kesici dişler sıklıkla artmış labial eğime sahiptir ve bu da kesici dişlerin kronlarını kazara kırıklara duyarlı hale getirir. Üst birinci moların distobukkal tüberkülü, alt birinci moların bukkal oluşu ile etkileşim halindedir. Maksiller kanin dişin kron apeksi, mandibular kanin dişin mesial yüzeyinin yakınında bulunur. Bu maloklüzyonlara sahip hastalar, sıkışık arklara sahip olabilir veya olmayabilir ve bu hastalarda overbite miktarı açık kapanıştan derin kapanışa kadar değişebilir. Ortalama olarak, maksiller ark genişlikleri, Sınıf II Divizyon 1 hastalarda normal oklüzyona sahip kişilere göre daha dardır.

2.3.2.2. Angle Sınıf II Divizyon 2 Maloklüzyonu

Sınıf II Divizyon 2 maloklüzyonlarda, birçok Sınıf II Divizyon 1 maloklüzyonda gözlenen aşırı labial eğimin tersine, üst kesici diş kronları, özellikle üst orta kesici dişlerin kronları, linguale doğru eğimlidir. Lingual eğimli maksiller kesici dişlerin sayısı bir ile dört arasında değişmektedir. Üst orta kesici dişlerin linguale eğimi, az ile orta arasında değişen overjet ölçümleriyle sonuçlanır. Üst kesici dişlerin linguale eğimi nedeniyle, overbite genellikle normalden daha derindir. Maksiller santral kesici dişlerde kronun uzun eksenini ile kökün uzun eksenini arasındaki kolum açısının (collum angle), Sınıf II Divizyon 2 hastalarında diğer oklüzyon gruplarına kıyasla daha büyük olduğu gösterilmiştir. Büyük kolum açıları olan Sınıf II Divizyon 2 hastaları normalden daha büyük oranda overbite sergilerler. Bu maloklüzyona sahip hastaların maksiller arkları normalden daha dardır; ancak Sınıf II Divizyon 1 hastalarda gözlenen ark genişliklerinden önemli ölçüde daha fazladır. Bu hastaların çok azında arka çapraz kapanış mevcuttur.

2.3.3. Sınıf III maloklüzyonlar: Sınıf III maloklüzyonda, alt molar diş üst molara göre daha mesialde konumlanmış olup, oklüzyon hattına ilişkin

herhangi bir spesifikasyon mevcut değildir (Graber ve ark., 1994). İngiliz Standartları Enstitüsü'ne (BSI) göre, sınıf III kesici diş ilişkisi, azalmış veya ters overjet ile birlikte alt dişlerin kesici kenarlarının üst kesici dişlerin singulum platolarının önünde olduğu bir ilişki olarak tanımlanır.

Angle sınıf III maloklüzyon prevalansı, hem popülasyonlar arasında hem de popülasyonlar içinde büyük ölçüde farklılıklar gösterir (%1'den %10'a veya daha fazlasına). En büyük prevalans değeri, Asya popülasyonları arasında bulunur (Ishii ve ark., 1987). Çin ve Malezya popülasyonları, nispeten daha yüksek prevalans gösterirken (sırasıyla %15,69 ve %16,59); Hint popülasyonları diğer ırklara kıyasla nispeten daha düşük prevalans göstermektedir (Soh ve ark., 2005). Amerika Birleşik Devletleri'nde, Sınıf III maloklüzyon prevalansı toplam popülasyonun yalnızca yaklaşık %1'i ve ortodontik hastaların yalnızca %5'idir (Graber ve ark., 1994).

2.3.3.1. Sınıf III Maloklüzyon Etiyolojisi

Sınıf III maloklüzyonun etiyolojisi, kapsamlı ve karmaşıktır. Hem çevresel hem de genetik faktörlerle ilişkili olabileceği ve Asya nüfusu arasında daha yüksek bir insidans gösterdiği bilinmektedir.

Genetik faktörler Kalıtımın en iyi bilinen örneği, Hapsburg Kraliyet Ailesi'nin mirasıdır. Bu ailenin ayırt edici özellikleri arasında prognatik bir alt çene ve dolayısıyla sınıf III maloklüzyon vardır. Ailenin kırk üyesinden otuz üçünde prognatik mandibula ve bunun sonucunda da sınıf III maloklüzyon görülmüştür (Jacobson ve ark., 1974). Ek olarak, 1970 yılında Litton ve arkadaşları Sınıf III anomalili 51 kişinin ailelerini incelemiştir. Çocuklarda ve kardeşlerde gözlemlenen Sınıf III özelliklerinin genetik kalıtımla ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır (Litton ve ark., 1970).

- Çevresel faktörler: Sınıf III maloklüzyon oluşumuna yol açan çok çeşitli çevresel faktörler bildirilmiştir. Bunlar, maksiller santral kesici dişin ektopik erüpsiyonu, genişlemiş bademcikler, nazal solunum güçlüğü, konjenital anatomik kusurlar, hipofiz bezi hastalıkları (akromegalide olduğu gibi), geniş

dil boyutu veya solunum problemleri nedeniyle mandibulayı ileri çıkarma (protrüzyon) alışkanlığı olabilir (Proffit ve ark., 2007; Rakosi ve Schilli, 1981).

2.3.3.2. Sınıf III maloklüzyonun özellikleri:

Sagittal Boyut

Sınıf III hastalar genellikle içbükey bir yüz profiline sahiptir; bu, maksiller retrüzyon, mandibular protrüzyon veya her iki durumun kombinasyonundan kaynaklanmaktadır. Ellis ve McNamara, sınıf III hastalarda en sık görülen iskeletsel ilişkinin, maksiller retrüzyon ve mandibular protrüzyon kombinasyonu olduğunu (%30); bunu sırasıyla maksiller retrüzyon (%19,5) ve mandibular protrüzyonun (%19,1) izlediğini bildirmişlerdir (Ellis ve ark., 1984).

Staudt ve Killaridis (2009), sınıf III hastaların %47,4'ünün tamamen mandibular kaynaklı olduğunu (pozisyon veya büyüklükte), %19,3'ünün tamamen maksiller kaynaklı olduğunu (retrüzyon veya boyut eksikliği) ve vakaların sadece %8,7'sinin her ikisinden de kaynaklı olabileceğini göstermiştir.

Baccetti, Reyes ve McNamara sınıf III hastalar arasındaki cinsiyet farklılıklarını incelemişlerdir. Sınıf III maloklüzyonun, özellikle on üç yaşından itibaren kraniyofasiyal parametrelerde önemli derecede cinsel dimorfizm ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Ergenlik dönemi sırasında ve ergenlik sonrası dönemde, Sınıf III maloklüzyonlu kadınlar, erkeklere kıyasla maksilla, mandibula ve ön yüz yükseklikleri açısından önemli ölçüde daha küçük lineer boyutlar (değerler) sunmuşlardır (Baccetti ve ark., 2005).

Proff ve arkadaşları (2008) sınıf III iskeletsel büyüme paternlerine sahip hastalarda, mandibular uzunluğun anterior kraniyal tabana göre arttığını, ancak bu hastalarda maksiller uzunluğun sürekli olarak etkilenmediğini bulmuşlardır.

Transvers Boyut

Chen ve arkadaşları, Sınıf I maloklüzyonlu tedavi görmemiş hastalarda dental arkların ve mandibular-maksiller tabanların iskeletsel gelişimini, sınıf I kontrol grubu ile kıyaslayarak analiz etmiştir. 10 ila 14 yaş aralığındaki deneklerden yıllık aralıklarla alınan sefalometrik radyografiler üzerinde maksiller iskelet tabanı genişliğini, biantegonial genişlikleri ve maksiller ve mandibular intermolar genişlikleri ölçmüşlerdir. Sınıf I grubuna kıyasla Sınıf III grubunda maksiller iskelet tabanı genişliklerinin istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha küçük olduğunu, ancak biantegonial genişliklerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, maksiller intermolar genişliklerin, sınıf I grup ile karşılaştırıldığında sınıf III grubunda daha küçük (tüm yaşlarda istatistiksel olarak anlamlı) olduğunu savunmuşlardır. Ayrıca, mandibular intermolar genişlikleri incelenen gruplar arasında önemli bir farklılık olmadığını da rapor etmişlerdir (Chen ve ark., 2008).

Vertikal Boyut

Staudt ve Kiliaridis (2009), Sınıf III hastaların daha düşük ön yüz yükseklikleri ile birlikte daha hiperdiverjan dikey boyutlara sahip olduğunu bildirmiştir.

Baccetti ve arkadaşları (2007) ise Sınıf III deneklerde dikey yüz boyutlarındaki artışların sadece ergenlik büyüme atağında değil (kanin dişlerin ve küçük azı dişlerinin erüpsiyon döneminde); aynı zamanda geç gelişim aşamalarında da (ikinci ve üçüncü azı dişlerinin erüpsiyon döneminde) meydana geldiğini göstermişlerdir.

Dental özellikler

İskeletsel sınıf III hastalarda, dişler, her iki dental ark arasındaki sagittal iskelet uyumsuzluğunu telafi etme eğilimindedir. Olguların %42,1'inde maksiller kesici

dişler proklinasyon; %26,3-%68,4'ünde ise mandibular kesici dişler retroklinasyon sergilemektedir (Behrents, 1985; Bhatia ve Leighton, 1993).

2.3.3.3. Sınıf III Maloklüzyonun Yönetimi

Herhangi bir maloklüzyonun doğru ve tam teşhisinin, maloklüzyonun yönetiminde kritik olduğu iyi bilinmektedir. Sınıf III maloklüzyon dental veya iskeletsel kaynaklı olabilmektedir. Bu nedenle maloklüzyonu sağlam bir klinik temelde tedavi etmek için doğru bir şekilde sınıflandırmak oldukça önemlidir.

Pseudo (Sahte) Sınıf III Maloklüzyon

Pseudo Sınıf III maloklüzyon, öne doğru mandibular yer değiştirmeden kaynaklanan bir ön çapraz kapanış olarak tanımlanır (Rabie ve diğerleri, 2000). Giancotti ve arkadaşları (2014), 7.096 Çinli çocuk arasında %2-3'lük pseudo sınıf III maloklüzyon insidansı saptamışlardır. Genellikle üst kesici dişler retroklinasyon sergilerken; alt kesici dişler normal bir eğimdedir. Sagittal ilişki genellikle sınıf I veya hafif sınıf III'tür. Yumuşak doku profili, sentrik ilişki açısından düzdür, ancak mandibula habitüel olarak öne doğru yer değiştirdiğinde içbükey olarak şekillenir (Kumar ve ark., 2011).

Pseudo sınıf III maloklüzyon, daimî maksiller santral kesici dişlerin ektopik sürmesi gibi dental faktörlerden veya büyük dil, hatalı dil konumlandırma ve hava yolu problemleri gibi fonksiyonel faktörlerden kaynaklanabilir. Ek olarak, minör transvers maksiller bozukluğun varlığı gibi iskeletsel faktörlerin bir sonucu da olabilir (Kumar ve ark., 2011).

Erken müdahale, periodontal problemlerin gelişmesine yol açabilecek alt kesici dişlerin travmatik oklüzyonunun önlenmesi de dahil olmak üzere birçok nedenden dolayı zorunludur. Gerçek sınıf III maloklüzyonun oluşmasının önlenmesi ve aynı zamanda üst kesici dişlerin öne açlandırılması ile daimî maksiller kanin dişler için yeterli alan sağlanması diğer müdahalelerdir (Kumar ve ark., 2011).

Mandibular prognatizm (ortopedik tedavi)

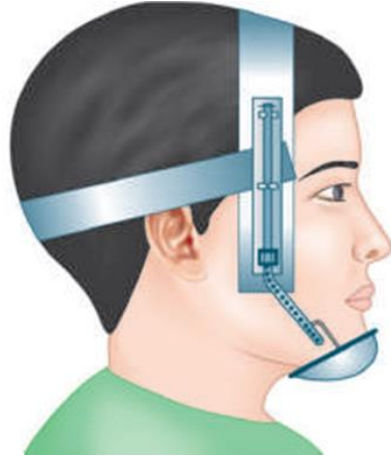
Sınıf III maloklüzyon tedavisinde en eski ortodontik alet olarak kabul edilen çenelik (chin cup), ergenlik öncesi dönemde mandibular prognatizmi olan

hastalarda kullanılmıştır (şekil 3). Literatürün eksiksiz ve derin incelemesi, bu apareyin hem uygun kullanımı hem de klinik etkinliği ile ilgili tartışmaları ortaya çıkarmıştır.

enelik kullanımı için ideal yaş, 4 (Barrett ve ark., 2010) ile 14 (Sugawara Ortodonti-E-Kitap, 2012) arasında değişmektedir. Bu noktada, hastanın cinsiyeti de dikkate alınmalıdır. Çünkü kadınlar erkeklerden daha erken olgunlaşmaktadır. Genç hastalarda kuvvet büyüklüğü küçük olmalı ve kademeli olarak artırılmalıdır. eneliğin merkezinde önerilen kuvvet 150 gram (Barrett ve ark., 2010) ile 1.200 gr (Abdelnaby ve Nassar, 2010) arasında değişmektedir.

Günlük kullanım süresiyle ilgili olarak 8 (Barrett ve ark., 2010) ile 18 saat (Gökalp ve Kurt, 2005) arasında değişen çeşitli protokoller önerilmiştir. eneliğin klinik sonuçları halen bir tartışma konusudur. Bazı yazarlar, bu apareyin kullanımının mandibular büyümeyi geciktirdiğini veya kısıtladığını savunmuşlardır (Tuncer ve ark., 2009). Diğer birçok ortodontist ise bu tür etkiyi sorgulamıştır (Nanda, 2005). Son zamanlarda, De Clerck ve Proffit (2015), erken Çenelik tedavisinden sonra mandibulanın büyümeye devam ettiği için, bu durumun ergenlik öncesi tedavi aşamasında elde edilen iyileşmeleri tersine çevirme eğilimi yarattığını bildirmiştir.

Chatzoudi ve ark., (2014) mandibular prognatizmi olan ve Çenelik apareyi ile tedavi edilen sınıf III bir hastayı rapor etmişlerdir. Hastada enelik apareyinin kullanılmasını takiben dikey büyüme paterninde, n yüz yksekliliğinde ve/veya mandibulanın arka rotasyonunda artış olduğunu tespit etmişlerdir. eneliğin temporomandibular eklem üzerindeki etkisiyle ilgili olarak, Wendl ve arkadaşları (2017), son zamanlarda erken Çenelik tedavisinin temporomandibular eklem üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığını gözlemlemiştir.



Şekil 3 Çenelik (*Chin cup*) apareyi (phulari., 2011)

Maksiller deformite (erken ortopedik tedavi)

Retrognatik üst çeneye sahip olan hastalar için en iyi tedavi şekli erken yaşta yüz maskesi (reverse-pull headgear-RPHG) kullanımınıdır. Guyer ve arkadaşları (1986), normal veya prognatik mandibulası olan beyaz çocukların yaklaşık %57'sinin maksiller arka bir deformiteye sahip olduklarını bildirmişlerdir. İdeal tedavi zamanlaması ile ilgili olarak Merwin ve arkadaşları maksiller protraksiyona 8 yaşından önce (5-8 yaş) veya 8 yaşından sonra (8-12 yaş) başlanıldığında benzer iskeletsel tepkinin alınacağını öne sürmüştür. Buna karşılık, Kim ve arkadaşları ve Wells ve arkadaşları yüz maskesinin 10 yaşından büyük hastalarda daha az etkili olduğunu bulmuşlardır (Wells ve ark., 2006; Kim ve ark., 2015).

Sonuçların kararlılığı ile ilgili olarak Wells ve arkadaşları (2006), reverse-pull headgear apareyinin erken karışık dişlenme döneminde kullanıldığında, tedavi edilen vakaların %70-75'inde uzun vadede pozitif overjetin korunduğunu; ancak vakaların %25-30'unun mandibulanın geç yatay büyümesine bağlı olarak ters overjete nüks ettiğini bulmuşlardır. Bu araştırmacılar ayrıca 10 yaşına

kadar, RPHG tedavisine başlama zamanının uzun vadeli başarı üzerinde önemli bir parametre olmadığını bulmuşlardır.

Yüz maskesi apareyi (face mask / reverse-pull headgear)

Yüz maskesi ayrıca "ters çekmeli başlık" veya "protraksiyon başlığı (*protraction headgear*)" olarak da adlandırılır. Yüz maskesi, sınıf III maloklüzyon ve maksiller deformiteye sahip hastaların tedavisinde yıllarca kullanılmıştır. Bu aparey, çene ve alına eşit ve zıt bir kuvvetle üst çene üzerine mesial bir kuvvet uygulamaktadır. Böylece çenenin öne doğru hareket etmesine olanak tanımaktadır. Endikasyonları arasında şunlar bulunur:

- Yüz maskesi, retrognatik bir maksilla ve hipodiverjan bir büyüme paterni ile hafif ila orta dereceli iskeletsel sınıf III maloklüzyonların tedavisinde kullanılabilir.
- Dudak-damak yarıklı hastalarda, palatal rafların (*palatal shelves*) selektif olarak yeniden düzenlenmesi için kullanılabilir.
- Nazomaksiller kompleksin gelişimi, sirkummaksiller sütürlerde meydana gelen değişikliklerden etkilenir (örn. Frontomaksiller, nazomaksiller, zigomatikotemporal, zigomatikomaksiller, pterygopalatin, vb.). Yüz maskesi, sirkummaksiller sütürlerde ve maksiller tüberositede önemli değişiklikler yaparak maksiller kompleksin öne doğru yer değiştirmesini sağlar.

Yüz Maskesi Tedavisinin İlkeleri

Klinik olarak üst çene, 8-12 aylık bir süre içinde 2-4 mm ilerletilebilir. İleri maksiller hareket miktarı aşağıdaki bir dizi faktörden etkilenebilmektedir:

- Hastanın yaşı: Bazı çalışmalar, yüz maskesinin birincil veya erken karma dişlenme döneminde daha etkili olabileceğini öne sürmüştür (phulari., 2011).
- Ankraj sisteminin tasarımı (genişletme aparatlı veya aparatsız): Maksiller protraksiyon için ankraj sistemlerinin tasarımı, palatal arklardan hızlı maksiller genişletme aparatlarına kadar değişebilmektedir.

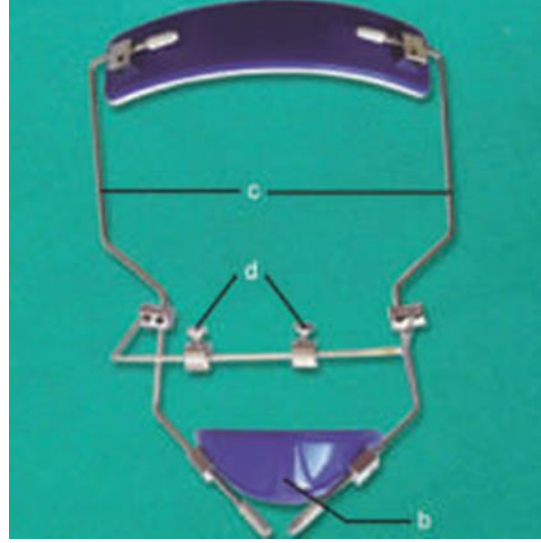
- Kuvvet seviyesi: Birincil ve karma dişlenme döneminde her bir taraf için 300-500 gr kuvvet kullanılarak başarılı bir maksiller protraksiyon gerçekleştirilebileceği bildirilmiştir (phulari., 2011).
- Kuvvetin yönü: Hata ve arkadaşları (1987), palatal düzlemin 5 mm yukarısına uygulanan bir kuvvet ile klinik olarak üst çenenin öne doğru etkili bir şekilde yer değiştirebileceğini öne sürmüştür.
- Tedavi süresi: Tedavi süresi 3 ile 16 ay arasında değişmektedir (phulari., 2011).
- Tedavi zamanlaması: Erken sınıf III maloklüzyonlu bir hastaya müdahale etmek için en uygun zaman, üst santral kesici dişlerin başlangıç erüpsiyon dönemidir (phulari., 2011).

Yüz Maskesinin Bileşenleri

Yüz maskesi alın ve çene bölgesindeki yumuşak doku ile temas eden iki adet destek pedinden oluşmaktadır. Destek pedleri orta hatta yer alan metalik iskelet ile dikey olarak birbirine bağlanır. Ayar vidasının gevşetilmesi ve sıkılmasıyla gerekli düzenlemeler yapılabilir. Yüz maskesi aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır (Şekil 4):

- **Alın pedi:** Frontal kemiğe temas eder ve alından ankraj elde etmek için kullanılır.
- **Çene pedi:** Çeneden ankraj elde etmek için kullanılır. Prefabrike olabileceği gibi kişiye özel olarak da yapılabilir. Yüz maskesinin metal iskeletine takılır.
- **Metalik iskelet:** Yüz maskesinin tüm parçalarını birbirine bağlar. Diğer parçalara kıyasla büyük bir yüzdeye katkıda bulunur ve bu kapsamlı metalik iskelet, estetik görünümü engellediğinden hastalar tarafından kolaylıkla kabul edilmez.
- **Ağız içi aparat:** Metalik bantlı damak genişletme apareyinden (azı dişlerine takılan bantlar, palatal plakaya lehimlenen ağır tel, orta hatta yerleştirilen hyrax tipi vida) veya entegre *hyrax* tipi vida ile akrilik bağlı bir damak genişletme apareyinden veya rijit tel içeren çok bantlı apareylerden oluşabilmektedir.
- **Lastikler:** Üst çene arkı üzerine ileri çekme kuvveti uygulamak için kullanılır. Lastikler, molar bant üzerine kaynaklanmış bukkal tüp kancasından veya ark

teli üzerindeki lehimli kancadan iskeletin ön kısmındaki yuvalara gerilerek maksillanın aşağı ve ileriye doğru çekilmesine olanak tanır.

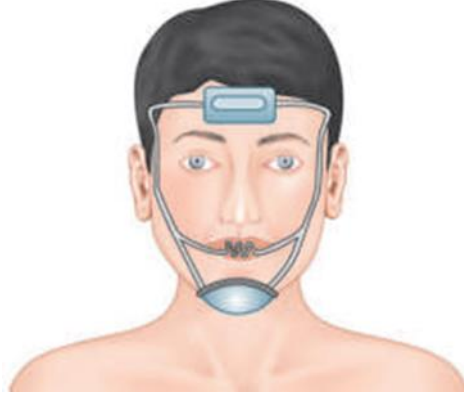


Şekil 4 Yüz maskesinin (*face mask*) parçaları: A. Alın pedi, B. Çene pedi, C. Metalik iskelet, D. Ağız içi elastikler için yuva (phulari., 2011)

Yüz Maskesi Tipleri:

1. Delaire tipi yüz maskesi

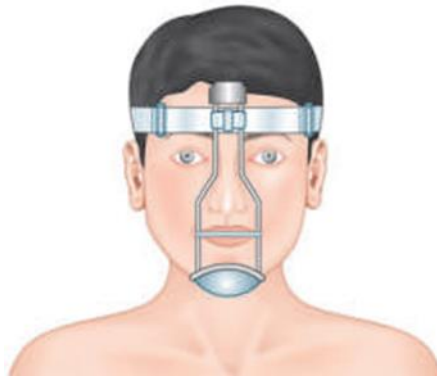
Bu tip yüz maskesi, 1960'larda Delaire tarafından geliştirilmiştir ve kare şeklindedir. Sert metalik bir çerçeve içermektedir. Delaire tipi yüz maskesinin metalik çerçevesi, yüzün her iki tarafında kulakların önünde paralel olarak uzanan, alın pedi ve çene pedini birleştiren iki dikey metal telden oluşmaktadır (Şekil 5). Ağızın önündeki yatay metalik tel, lastikleri tutturmak için bir araç görevi görmektedir.



Şekil 5 Delaire tipi yüz maskesi (phulari., 2011)

2- Tübinger tipi yüz maskesi şekil 6:

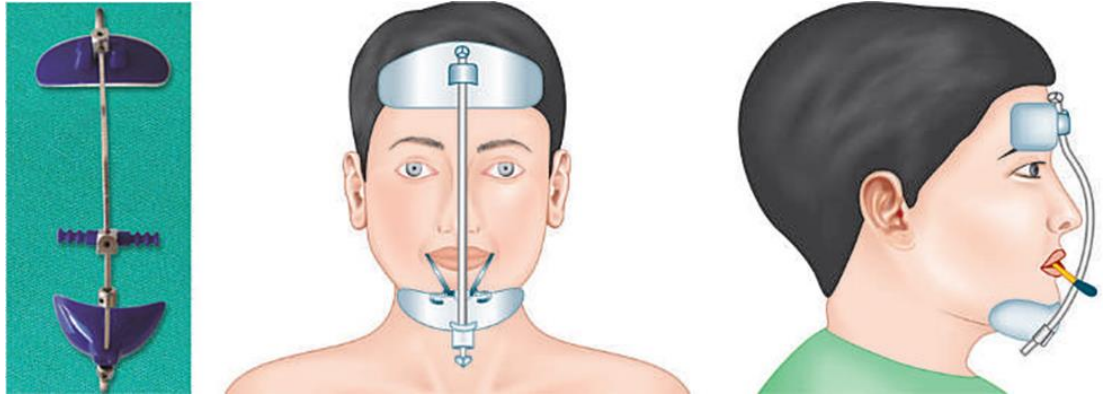
Tübinger tipi yüz maskesi, Delaire yüz maskesinin bir modifikasyonudur. Her iki tarafta burnun yan tarafında, orta hatta uzanan iki dikey çubuk içerir. İki dikey çubuk, üst tarafta, kafayı çevreleyen lastiği içeren alın pediyle birleşerek son bulur. Alt tarafta ise çubuklar çene pedine bağlanır. Bu yüz maskesi tipinde ağzın önünden yatay bir çubuk uzanır ve bu çubuk lastikleri birleştirmek için kullanılır. Tübinger tipi yüz maskesi, hastalara uyacak şekilde, alın pedinde ve yatay çubukta gerekli ayarlamalar yapılarak bireyselleştirilebilir.



Şekil 6 Tübinger tipi yüz maskesi (phulari., 2011)

3- Petit tipi yüz maskesi şekil 7:

Bu yüz maskesi de Delaire yüz maskesinin bir modifikasyonudur. Çeneden alın başlığına kadar orta hatta uzanan tek bir dikey çubuk ile çene pedi ve alın pedinden oluşur. Ağız önündeki dikey çubuktan yatay bir çubuk uzanır ve lastikleri takmak için kullanılır. Petit tip yüz maskesi, hastalara uyacak şekilde, alın pedinde, çene pedinde ve yatay çubukta gerekli ayarlamalar yapılarak bireyselleştirilebilir.



Şekil 7 Petit tip yüz maskesi (phulari., 2011)

Maksiller deformite durumlarında titanyum mini plakaların kullanımı

Son zamanlarda mini plaklar, maksiller deformitesi olan sınıf III hastaların ortopedik tedavisinde kullanılmaktadır. Bu mini plakaların maksiller deformite vakalarında kullanılmasının amacı, istenmeyen dento-alveolar etkileri (maksiller kesici dişlerin proklinasyonu ve mandibular kesici dişlerin

retroklinasyonu) ortadan kaldırarak; eşdeğer, olumlu iskeletsel değişikliklere izin vermeleridir (De Clerck ve ark., 2010).

Mini plakaların başarı oranı, kullanılan cerrahi işleme, kemiğin kalınlığına ve kalitesine bağlıdır. İnfrazigomatik krestteki kemiğin kalınlığı ve yoğunluğu osteosentez vidalarının mekanik retansiyonu için yetersiz olabileceğinden, en stabil iskeletsel ankraj en az 11 yaşındaki çocuklarda elde edilebilir (Jaradat., 2018).

Dış kortikal kemiğin yoğunluğu ve kalınlığı infrazigomatik krestinkinden daha yüksek olduğu için mandibuladaki başarısızlık oranı maksilladan daha düşüktür (De Clerck ve ark., 2015).

De Clerck ve arkadaşları (2010), kemik bağlantılı maksiller protraksiyonun dento-fasiyal etkilerini incelemiştir ve hem overjetin hem de molar ilişkisinin, maksiller kesici eğiminde önemli bir değişiklik olmaksızın, önemli ölçüde iyileştiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada, tedavi uygulanmamış kontrol grubuna kıyasla yumuşak doku değişkenlerinde yaklaşık 4 mm'lik önemli bir gelişme olduğu da gözlemlenmiştir (De Clerck ve ark., 2010).

Şar ve arkadaşları, yüz maskesi veya sınıf III elastiklerle yapılan mini plaka protraksiyonunun, tedavi edilmeyen kontrol grubuna kıyasla, önemli etkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çenenin, yüz maskesi grubunda 3.11 mm, sınıf III elastik grubunda 3.82 mm öne doğru hareket ettiğini saptamışlardır. Çenenin saat yönünün tersine rotasyonu değerlendirildiğinde, bunun sınıf III elastik gruba kıyasla yüz maskesi grubunda önemli ölçüde daha az olduğu anlaşılmıştır. Bu ise yüz maskeli mini plak protokolünün, şiddetli maksiller deformitesi ve yüksek açılı dikey paterni olan hastalarda endike olduğu anlamını taşımaktadır. Sınıf III elastiklerle yapılan mini plaka protraksiyonunun ise azalmış veya normal dikey boyutta ve geriye dönük alt kesici dişlere sahip hastalarda endike olduğu anlamını taşımaktadır (Şar ve ark., 2014). Üst çenenin öne doğru hareketi konusunda El Naggar ve arkadaşları (2017) tarafından daha yüksek maksiller büyüme değerleri bildirilse de, iki grup arasındaki etkiler (yüz maskesi grubunda 4,87 mm ve sınıf III elastik grubunda 5,81 mm) benzer bulunmuştur.

Sınıf III maloklüzyon için kamuflej tedavisi yaklaşımı

Büyüme-gelişimini tamamlamış sınıf III hastalar, ortognatik cerrahi veya kamuflej yaklaşımlarıyla tedavi edilebilir. Hafif iskeletsel sınıf III maloklüzyonu olan hastalar, sınıf III elastiklerle ortodontik kamuflejdandan yararlanabilirler. Bu tedavi genellikle derin bir overbite ve düşük mandibular düzlem açısı olan hastalar için uygundur. Çünkü sınıf III elastikler (alt kanin dişinden üst daimî birinci azı dişine uzanan) üst azı dişlerini ekstrüzyonunu sağlayarak mandibulanın saat yönünde rotasyonuna neden olur. Böylece daha düşük ön yüz yüksekliği temin edilir. Ek olarak, bu elastikler maksiller kesici dişleri prokline eder ve mandibular kesici dişleri retrokline eder (Park ve ark., 2017).

Orta derecede sınıf III iskeletsel ilişkisi olan hastalar mandibular dişlerin çekiminden fayda görebilir. Çekim işlemine, alt premolarlar veya kesici dişleri dahil edilebilir. Mandibular kesici dişin çekimi, anterior çapraz kapanış veya edge-to-edge kesici ilişkisi olan hastalarda endikedir. Ekstraksiyon seçimini belirleyen faktörler arasında negatif overjet miktarı ve alt arktaki sıkışıklık derecesi de bulunmaktadır (Ngan ve ark., 2015).

Faerovig ve arkadaşları (1999), alt kesici diş çekiminin yetişkin sınıf III hastalarda anterior oklüzyon üzerindeki etkilerini incelemiştir. Alt kesici dişlerin lingual yönde yaklaşık 6 derece eğildiğini ve bunun da artmış overjet ile sonuçlandığını belirlemişlerdir. Overbite ayrıca hem santral hem de lateral kesici dişler için yaklaşık 0,6 mm artmıştır. Alt kesici diş çekimi, interkanin genişliğinde yaklaşık 3,3 mm (SD, 2,0 mm) azalma ile sonuçlanırken, çekimin ardından intermolar genişlikte hiçbir değişiklik saptanmamıştır (Færøvig ve ark., 1999).

-Ortognatik cerrahi

Şiddetli iskeletsel sınıf III maloklüzyonu olan ve büyüme-gelişimi tamamlanmış hastaların en iyi tedavi şekli ortodontik-cerrahi yaklaşımların kombinasyonudur (Jaradat., 2018). Doğru hasta seçimi, teşhis ve tedavi planlamasında en önemli faktördür. Kerr ve arkadaşları, sınıf III maloklüzyonu olan yetişkin hastalarda bazı sefalometrik ölçütler oluşturmaya ve böylece çeşitli tedavi seçenekleri için objektif kriterler belirlemeye çalışmıştır. Bu araştırmacılar, aşağıdaki özelliklere sahip hastalar için cerrahi müdahale yapılması gerektiğini öne sürmüşlerdir:

- -4 dereceden az ANB açısı,
- Maksiller / mandibular (M / M) oranı %84,
- Alt kesici dişlerin mandibular düzleme 83 derecelik eğimi
- 3,5 derecelik bir Holdaway açısı (Kerr ve ark., 1992).

Stellzig-Eisenhauer ve arkadaşları (2002), cerrahi müdahale gerektiren ve gerektirmeyen sınıf III gruplarını ayırt etmede WIT değerinin en belirleyici faktör olduğunu bulmuştur. Cerrahi müdahale gerektirmeyen grupta WIT değerinin -4.6 ± 1.7 mm olduğunu; cerrahi müdahale gerektiren grupta ise WIT değerinin $-12,2 \pm 4,3$ mm olduğunu bildirmişlerdir (Stellzig-Eisenhauer ve ark., 2002).

Yaygın cerrahi hareketler arasında, maksiller ilerletme ve mandibular geriletme veya büyük bir negatif overjetin eşlik ettiği şiddetli sınıf III maloklüzyon vakalarında, her iki hareketin kombinasyonu bulunur. Kitagawa ve arkadaşları (2008), önemli oranda mandibular geriletme ameliyatı uygulanan hastaların uyurken solunum problemi riskinin daha yüksek olacağını öne sürmüşlerdir. Günümüzde, iki çene cerrahisi yaklaşımı, tek çene cerrahisi yaklaşımından daha popüler hale gelmiştir. Çünkü, eşzamanlı maksiller ilerletmenin daha küçük mandibular geriletmeye izin vermektedir ve yüz görünümü iyileşmektedir (Bailey ve ark., 1995; Johnston ve ark., 2006; Proffit ve White, 1991).

Cerrahi hareketlerin stabilizasyonu ile ilgili olarak Proffit ve arkadaşları (2012) relapsı en aza indirmek için, eşzamanlı yapılan maksiller ilerletme nedeniyle mandibular geriletme miktarının azaltılması gerektiğini belirtmişlerdir. Jakobson ve arkadaşları (2011), mandibular geriletmenin maksiller stabilizasyon kadar önemli olmadığına dikkat çekmişlerdir.

2.4. Lefort I

Maksiller Le Fort I osteotomisinin ilk olarak 1859'da Langenbeck tarafından travma sonrası retrognatik maksilla tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir. Langenbeck, pterygoid plaka ile maksiller tüberositenin arasında bir kemik grefti kullanarak maksillayı sabitlemek için teknikler geliştirmiştir. Daha sonra, birkaç cerrah, Langenbeck cerrahi tekniklerini yakından takip etmiştir ve günümüzde ağız ve çene cerrahlarının kullandığı cerrahi teknikleri geliştirmiştir (Langenbeck, 1859).

Fasiyal kemiklerin cerrahi olarak yeniden konumlandırılmasıyla birlikte yürütülen ortodontik tedavi, dentoskeletal deformitesi olan hastaları tedavi etmek için kullanılır. Maksillofasiyal bölgede çok sayıda osteotomi yapılabilir.

Le Fort I osteotomi: Klasik cerrahi teknik

Le Fort I tipi osteotomi cerrahisinin başlangıcında vasküler nekrozdan kaçınmak için maksiller segmentlerin tam mobilizasyonundan sonra kanama kontrolünün sağlanması ve vasküler yapıların korunması, maksillofasiyal cerrahların yüzleşmek zorunda kaldıkları temel zorluklardır.

Bu nedenlerle, Turvey ve Fonseca tarafından maksiller arter anatomisi üzerine ve maksiller arterin bütünlüğünü korumak için arka maksilla bölgesinde doğru cerrahi teknik seçiminin önemi üzerine vasküler çalışmalar yapılmıştır (Turvey ve Fonseca, 1980). Maksiller vaskülarizasyon için yumuşak arka doku pediküllerinin önemi Bell tarafından (Bell, 1973), lazer Doppler analizi ile Justus tarafından ve özellikle ortodontik apareyler veya ameliyat sonrası splint kullanan hastalarda vasküler riske dikkat edilmesini öneren Jones tarafından araştırılmıştır (Justus ve ark., 2001; Jones, 2001).

Le Fort I osteotomisinden sonra yapılan ve pulpa kanallarının daralması ile sonuçlanan diş modifikasyonu, Ellingsen ve Artun (Ellingsen ve Artun, 1993) tarafından da araştırılmıştır, ancak Le Fort I osteotomisinde 30 yılı aşkın süre sonucunda, önerilen teknikler dikkate alındığında genellikle maksiller osteotomilerden sonra büyük bir komplikasyonun rapor edilmediği anlaşılmıştır (Panula ve ark., 2001). Yaşamı tehdit eden komplikasyonlar oldukça nadirdir (Van de Perre ve ark., 1996; Acebal-Bianco ve ark., 2000).

Vaskülarizasyondaki yetersizliğe bağlı avasküler nekroz, Le Fort I osteotomisinden sonraki ana komplikasyonlardan biridir ve bu tür bir ameliyattan sonra %1'den daha az görülme oranı ile bazı çalışmalarda (Parnes ve Becker, 1972; Lanigan, 1993) bildirilmiştir.

Maksiller mobilizasyon sonrası vasküler uyuşma ile ilgili temel problemler, inen palatal arterin rüptürü, ameliyat sonrası tromboz, segmentli maksiller cerrahisinde palatal mukozanın perforasyonu ve maksiller genişlemede palatal fibromukozanın kısmi sıyrılması veya aşırı gerilmesidir (Lanigan ve ark., 1990). Kraniofasial displaziler, orofasial yarıklar veya vasküler anomaliler gibi anatomik düzensizlikler, maksiller osteotomi cerrahisi sonrası vasküler problemlerin riskini artırır (Kramer ve ark., 2004). Segmentli Le Fort I'de palatal fibromukozanın korunması, özellikle palatal mukozaya bası yapan ortodontik apareyler veya palatal splint kullanan hastalarda maksiller kemik fragmanlarının kısmi nekrozunu ve yanlış kaynaşmasını önleme noktasında önemli bir faktördür.

Osteotomilerden sonra maksillanın uygun dikey konumlandırılması için pinden maksiller kesici dişlerin insizal kenarına dikey boyut miktarını kaydetmek gereklidir. Bu amaçla bir bıçak (stab) insizyonundan sonra kemiğe bir pin yerleştirilerek nazofrontal alanda eksternal referans işaretleri oluşturulur. Yazarın deneyimlerinin ışığında, eksternal referansın, maksilladaki referans işaretinden daha güvenilir olduğu düşünülmektedir; ancak birden fazla kontrol referansı tavsiye edilmektedir. Çünkü üst çenenin doğru bir şekilde yeniden konumlandırılması, yüzün postoperatif sonuç simetrisi açısından temeldir. Bu nedenlerden dolayı, maksilla son fiksasyonundan önce bipupiller hat ve oklüzal

düzlem simetrisi temin edilmeli; frontonazal (nasion), interinsizal ve pogonion noktalarının orta hat hizalanması kontrol edilmelidir.

Ayrıca, üst çenenin yeniden konumlandırılması için ara maksiller splint kullanımı tam anlamıyla güvenilir değildir. Çünkü mandibular kondiller, yeniden konumlandırma ve fiksasyon prosedürleri sırasında glenoid fossadan yer değiştirebilir.

Yumuşak doku kesisi (insizyonu)

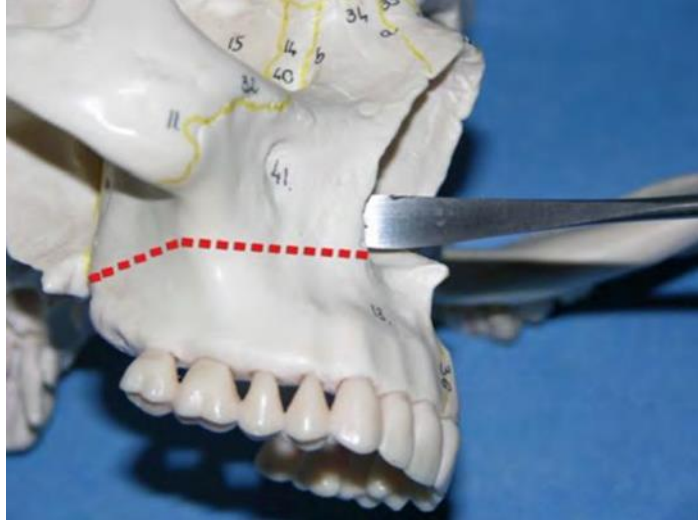
Cerrahi insizyona geçmeden önce, cerrahi işlem sırasında kanamayı en aza indirmek ve anestezi etkisini arttırmak için epinefrinli bir lokal anestezi solüsyonu (1: 100000 epinefrin ile %2 lidokain), maksillanın tüm yüzeyi boyunca yanak mukozasına infiltre edilir. Palatal yumuşak doku, tam LeFort I osteotomisi sonrası maksilla için önemli bir vasküler pedikül olduğundan, damak bölgesine enjeksiyon yapılmaz.

Ameliyat sırasında toplam kan kaybı, hastanın başını 15 derece yükseltme ve hipotansif anestezi ile sistolik kan basıncı kontrolü (yaklaşık 90 mmHg) gibi yöntemlerle önemli ölçüde azaltılır (Shepherd, 2004).

Yumuşak doku insizyonu, forniksin orta hattından, santral kesici dişlerin üstünden birinci molar bölgeye mukoza, kas ve periostu içeren bir kesi olarak iki taraflı yapılır. Kesiden sonra, üst çenenin kanlanması, dişlerin üzerinde kalan geniş bir bukkal doku pedikülü ile garanti altına alınır. Periost elevatörü ile yapılan subperiostal diseksiyon, pterygomaksiller bileşmeden anterior nazal spinaya kadar alan için üst çene lateral duvarını ortaya çıkarır. Bu noktada infraorbital nörovasküler demeti tanımlamak ve korumak önemlidir; diseksiyon, maksillanın optimal perfüzyonunu korumak için insizyon gerisindeki dokuları içerecek şekilde genişletilmemelidir (Şekil 8-9).



Şekil 8 Bukkal mukoza insizyonu (Cortese., 2012)



Şekil 9 Üst çenenin hem bukkal hem de nazal tarafında periost elevasyonu
(Cortese., 2012)

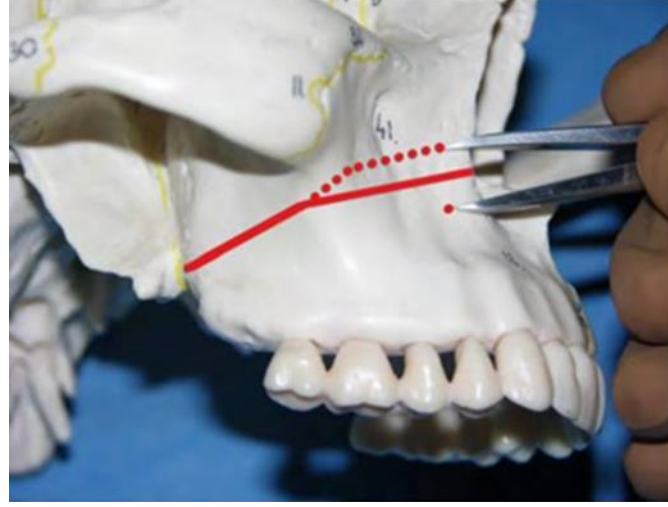
Diseksiyon, zigomatik desteğin arkasında aşağı açılı bir kıvrım ile maksiller tüberositeye ve pterygoid plağa doğru devam eder. Bu alanda, bukkal yumuşak dokuların geniş bir kısmını korumak için doğrudan görüş altında mukozal tünel açılması önerilir. Bu prosedür sırasında, bukkal yağ dokusu cerrahi alanı

kaplayacak şekilde açığa çıkabilir: bir ekartör kullanılarak yağ dokusu, nemli bir gazlı bezle kaplandıktan sonra laterale konumlandırılabilir.

Piriform açıklık açığa çıkarılır ve mukoperiost, piriform kenar, burun tabanı ve alt konkanın altındaki yan duvar boyunca eleve edilir, daha sonra burnun ön tabanını açığa çıkarmak için bir periost elevatörü kullanılır. Anterior nazal spinayı tamamen serbest bırakmak için septopremaksiller ligament ve transvers nasalis kası kesilir. Burun mukozasının perforasyon ve kesik olmaksızın dikkatli bir şekilde yönetilmesinin, kan kaybını en aza indirdiği ve postoperatif rahatsızlığı azalttığı açıktır.

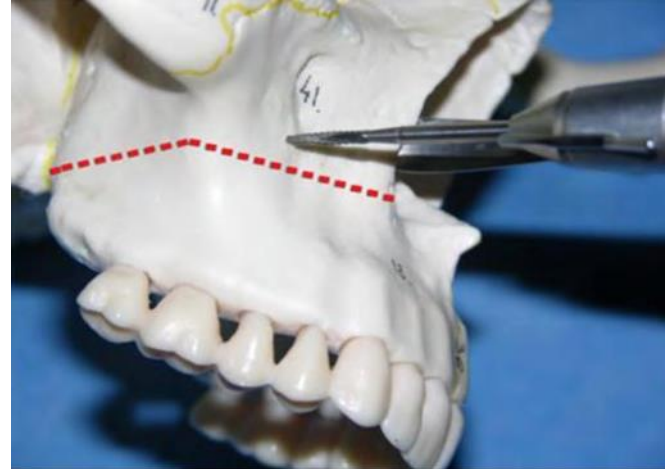
Osteotomi teknikleri

Diseksiyon tamamlandıktan sonra, osteotomi yapmadan önce referans noktaları belirlenir. Dikey referans işaretleri, piriform açıklık bölgesinde ve zigomatikomaksiller bölgede bir frez ile işaretlenir; kortikal kemikteki delik çiftleri, planlanan osteotominin hayali çizgisinin 5 milimetre yukarısında ve 5 milimetre aşağısında konumlanır (Şekil 10). Bir maksiller impaksiyon planlanıyorsa, bu mesafe, impaksiyon miktarına bağlı olarak artırılmalıdır. Kaliperler kullanılarak, ilk osteotomi hattının konumlandırılmasına yardımcı olmak için kanin dişin ve birinci azı dişinin tepe noktalarının 4 mm yukarısında iki delik işaretlenir. Daha önce tarif edilen eksternal işaretlerle birlikte, bu ağız içi noktalar, mobilizasyon yapıldıktan sonra maksillanın vertikal ve yatay konumlandırılmasına izin verir. Oklüzal splint ise, maksillanın sagittal ve vertikal düzlemlerde düzgün sabitlenmesine yardımcı olacaktır.



Şekil 10 Osteotomi alanında uzaklaştırılan kemik miktarının kumpas ile ölçülmesi
(Cortese., 2012)

Osteotomi, zigomatik desteğin arkasına bir frez veya cerrahi testere yerleştirilmesiyle başlar. Frez veya cerrahi testere oklüzal düzlemin yaklaşık 35 mm yukarısında, lateral maksiller duvardan piriform kenara doğru ilerletilir. Burun yan duvarının osteotomisini yapmadan önce, burun mukozasını korumak için alt konkanın altına, piriform açıklığa yaklaşık 2 cm kadar periost elevatörü yerleştirilir (Şekil 11).



Şekil 11 Piriform fossadan tuber maksillaya kadar yapılan üst çene kesisi (Cortese., 2012)

Maksillanın lateral arka duvarında osteotomi işlemini tamamlarken, maksiller artere veya dallarından birine zarar verme riskinden kaçınmak için maksiller tüberositenin pterygoid plakalarla birleştiği yerde periostiumun altına esnek bir ekartör yerleştirilmelidir.

Bu bölgede osteotomi, direkt görüş altında, büyük bir dikkatle aşağıya ve arkaya yönlendirilir. Lateral maksiller duvarın kesimi tamamlandığında, testerenin yönü tersine çevrilir, böylece bıçak lateral olarak sinüsten dışa doğru kesilir. Bu kayma, arka maksiller duvarın kolay bir şekilde kesilmesine izin verir.

Ameliyat öncesi planlanan maksiller impaksiyon miktarına göre, lateral piriform kenardan posterolateral sinüs duvarına kadar olan alandan testere veya frez ile yeterli miktarda kemik çıkarılır. Bahsi geçen posterior bölgede sıklıkla görülen kemik inceliği ve teleskopik hareketler nedeniyle, bu bölgeden impaksiyon için planlanandan daha az kemik çıkartılır.

Osteotomi çizgisi, dişlerin devitalizasyon riskini azaltmak için her zaman ikinci azı dişi köklerinin en az 5 mm üzerinde olmalıdır. Gömülü molar diş hat üzerinde konumlanırsa da osteotomi tasarımı değiştirilmemelidir; çünkü down-fracture sonrasında, prosedürün sonunda gömülü molar diş çıkartılacaktır. Aynı işlem karşı tarafta da tekrarlanır ve kan kaybını en aza indirmek için yaranın arka tarafına ıslak gazlı bezler yerleştirilir.

Bu noktada septum ve lateral burun duvarının osteotomisi yapılır. Bir septal osteotom, kartilaginöz ve osseöz septumu maksillanın septal krestinden ayırmak için, sağlam nazal mukozanın altına, maksilla septal krestini boyunca dikkatlice yerleştirilir (Şekil 12).



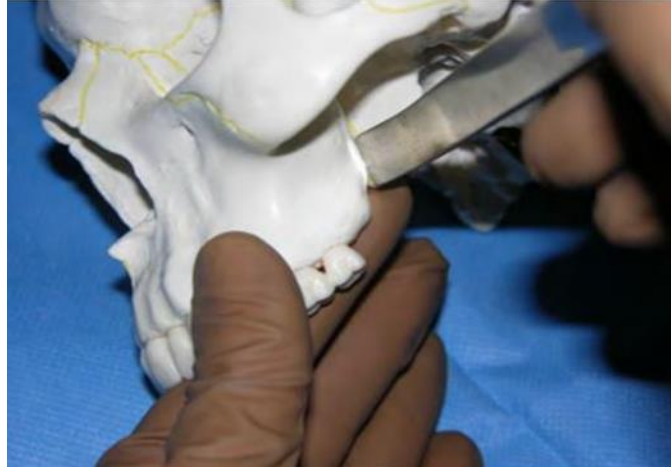
Şekil 12 Anterior nazal spinadan nazal septum disartikülasyonu ve üst çenenin septal krestini (Cortese., 2012)

Nazal yan duvar, palatin kemiğin dikey plakasına doğru arkaya ve aşağıya yönlendirilmiş bir osteotom tarafından kesildiğinde, bir elevatör yardımıyla nazal mukoza korunur. Prosedürün bu aşamasına özellikle dikkat edilmelidir. Burnun yan duvarının kemiği incedir ve keskiye (chisel) karşı çok az dirençlidir; palatin kemiğinin dikey sütununa ulaşıldığında, keski çekiçleme sırasında sesteki algılanabilir değişiklikle direnç artacaktır.

Down-fracture esnasında nazal taban düzleminden daha yüksek bir kırılma çizgisi ile sonuçlanan kötü kırılmayı önlemek için palatin kemiğinin dikey plakasının parsiyel kesimi yapılmalıdır. Bu cerrahi olay, orbitanın ve hatta kraniyal tabanın bozulmasına neden olabilir. Osteotomi, palatin kemiğinin dikey plakasında çok derin bir şekilde yapılırsa, down-fracture gerçekleştirmeden önce, inen palatin damarlarının yaralanmasına neden olabileceği unutulmamalıdır. Bu durumda kontrol edilmesi zor bir kanama ile karşı karşıya kalınabilir. Karşıt lateral burun duvarı aynı prosedür izlenerek kesilecek ve burun septumunun osteotomisi yapılacaktır. Bukkal kortikal düzlemin, burun boşluğunun yan duvarlarının ve septum ayağının tam kesisinden sonra arka bölgede maksilla kemik tabanına sıkıca bağlı kalırsa, pterigomaksiller bileşke osteotomisi yapılması gerekecektir.

Önceden yerleştirilmiş gazlı bezler çıkarıldıktan sonra, maksilla ve pterygoid plakanın birleşim yerine kavisli bir osteotom yerleştirmek için subperiostal olarak bir ekartör kullanılır. Malleting sırasında osteotomun ucunu hissetmek için damağın hamular çentik bölgesine işaret parmağı yerleştirilir (Şekil 13). Aynı işlem diğer tarafta da yapılır ve down-fracture, üst çene ön yüzünden parmak kuvveti veya Rowe forseps kullanılarak yapılır. Bu işlem sırasında burun mukozası kısmen yapışık olduğu burun tabanından dikkatlice eleve edilir.

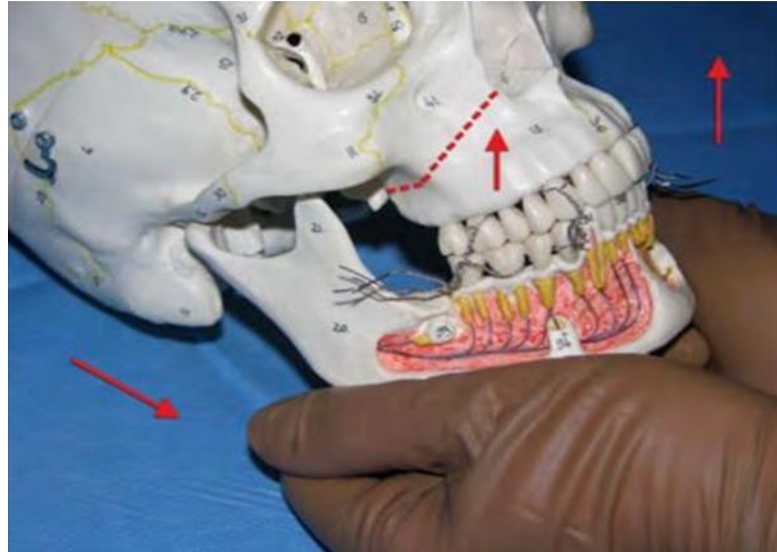
Özellikle maksilla impaksiyonu planlandığında, kalan vomer, septum, septal krest ve lateral nazal duvarlar, herhangi bir impaksiyon elde etmek için rongeur veya frez ile azaltılır. Down-fracture sonrasında, mobilize maksilla her üç düzlemde de serbestçe hareket eder. Genellikle, inen palatin damarlarının nörovasküler demeti korunur ve kemiğin arka maksilladan dikkatlice çıkarılması gerekir. Bu demet yaralanırsa kanama, paketlenme, koter veya vasküler klemplesle kontrol altına alınabilir. Maksiller alandaki hassasiyet, genellikle bu manevraları gerçekleştirirken bile korunur (Bouloux ve Bays, 2000).



Şekil 13 Pterygoid plaka ayırma (Cortese., 2012)

Ayrıca pterygoid plakalardan kemiğin çıkarılması, pterygoid kaslarından kanamayla sonuçlanabilir. Bu durum genellikle packing veya dilüe epinefrin solüsyonunun enjekte edilmesi ile kontrol edilir. Kemik interferensleri bu

alandanda yaygındır ve zaman alıcı bir prosedür olsa bile, maksillanın uygun şekilde yeniden konumlandırılabilmesi için dikkatlice ortadan kaldırılmalıdır. Bu sırada, bir oklüzal wafer splinti yerleştirilir ve maksillomandibular fiksasyon için maksilla ve mandibula 25-Gauge tel ile birbirine sabitlenir. Daha sonra, prematüre kemik temaslarını belirleyip, kondilleri glenoid fossa'dan çıkarmamalarına özen gösterecek şekilde yerleştirilen splint ile maksillomandibular kompleks uygun pozisyona getirilir (Şekil 14). Ağız içi ve ağız dışı referans noktaları arasındaki mesafenin ölçülmesi ile maksillanın yeniden konumlandırması kontrol altında gerçekleştirilir. Mandibuler kondil dislokasyonuna, septum deviasyonuna, ve nazal hava akımı obstrüksiyonuna neden olan kemik ön temaslarına dikkat edilmelidir. Beş milimetreden fazla maksiller impaksiyon planlanıyorsa, alt konkaların da düzeltilmesi önerilir. Burun kanamasını en aza indirmek için büyük yırtıklar ve nazal mukoza delikleri 4-0 Vicryl suture ile dikilmelidir.



Şekil 14 Maksillomandibular blok yapıldıktan ve glenoid fossada merkezi kondiler pozisyonu kontrol edildikten sonra yapılan maksiller fiksasyon (Cortese., 2012)

Fiksasyon

Fiksasyona geçmeden önce, burun tabanının ve arka maksiller alanın açığa çıkarılması ve kan pıhtılarını gidermek için ilgili sahanın salin solüsyonu ile yıkanması önerilir. Maksiller fiksasyon, doğru maksiller pozisyonu elde etmek için oklüzal splint yerleştirilmesini gerektirir. Klasik teknikte oklüzal splint, piriform alandaki deliklerden ve zigomatik destekten geçen dört transosseöz tel sütür (26-Gauge) ile yerine yerleştirilir; bu bölgelerde kemiğin kalınlığı iyi retansiyon sağlar. Stabilitayı güçlendirmek için piriform bölgedeki bir delikten ilave bir askı teli (24-Gauge) yerleştirilir, bir kavis şeklinde bukkal kıvrımda açıkta bırakılır, ardından maksillomandibular kaymayı azaltmak için mandibular ark teline bağlanır.

Oklüzal splint, interdental ark teli fiksasyonu (26-Gauge) ile yerinde tutulur ve ortodontik ark teli veya dental braketler üzerine yerleştirilir. Maksillomandibular kompleks, yukarı doğru döndürülerek kondillerin yerinden çıkmasına ve dolayısıyla maksiller malpozisyona yol açabilecek kemik interferenslerinin mevcudiyeti açısından kontrol edilir. Söz konusu interferensler elimine edilmelidir.

Bu nedenle, oklüzal splintin tutulmasından ve piriform alanda transosseöz tel sütürler ile üst çenenin konumlandırılmasından kaçınılmalıdır. Artikülâtörde oklüzyonu inceledikten sonra maksillomandibular kompleksin manuel konumlandırılması tercih edilmelidir ve glenoid fossada kondillerin merkezi konumdan yer değiştirmemesine dikkat edilmelidir. Bu amaçla, maksillomandibular kompleks, simfizde aşırı baskıdan kaçınarak, özellikle Gonion bölgesinde, mandibulanın alt sınırına manuel baskı uygulanarak konumlandırılmalıdır.

Günümüzde maksiller fiksasyonu sağlamanın en yaygın yolu dört mini plaka ve vida kullanılarak gerçekleştirilen rijit osteosentezdir. Bu prosedürde maksilla yeni pozisyonuna yerleştirilir, ardından her bir taraf için iki kemik plağı (genellikle küçük, yarı-sert, metal veya biyolojik olarak parçalanabilir [biodegradable]) piriform kenara ve zigomatik kemiğe yerleştirilir. Plakaların şekli, kemiğin yer değiştirmesini ve beklenmedik maloklüzyonu önlemek için

maksiller duvarların kenarına benzer olmalıdır. Stabilizasyon açısından yeniden konumlandırılmış herhangi bir segmenti tutan tek bir vida yeterli olmasına rağmen, osteotomi hattının her iki tarafına iki vidanın yerleştirilmesi önerilir (her plaka için dört vida). Segmentler oklüzal splintle tutulduğundan, üç veya dört maksiller segment ek plaklara ihtiyaç duymaz.

Rijit fiksasyondan sonra, maksillomandibular stabilizasyon apareyleri çıkarılır ve splinte edilmiş oklüzyon kontrol edilir. Alt sınırdaki parmakların hafifçe hareket ettirilmesiyle, mandibula son pozisyona döndürülür ve dişler splinte sıkıca bağlanır. İnterferans durumunda (sapmalar veya açık kapanış) maksiller pozisyon değerlendirilir ve mandibular kondiller glenoid fossada merkezi pozisyonda olacak şekilde uygun maksiller pozisyon elde etmek için gerekli düzeltmeler yapılır. Genellikle kemik interferansı arkaya ve mediale yerleşir: çıkarıldıktan sonra, osteotominin bir tarafındaki teller değiştirilir ve maksillomandibular fiksasyon yeniden kurulur, tüm kemik kompleksi doğru pozisyona döndürülür ve daha önce olduğu gibi tekrar kontrol edilir. Bu prosedür, mandibula pasif olarak splinte edilerek, cerrah tarafından istenilen oklüzyon ilişkisi temin edilene kadar tekrarlanır. Ameliyatı erken bir çene fonksiyonu takip edecekse, splint yüzeyinden tüm interferanslar kaldırılmalıdır.

Yumuşak dokunun kapatılması

Maksiller ilerleme klasik olarak dudak kısaltması ile ilişkilendirilir. Bazı yazarlar, bu sorunun dikiş sırasında büyük miktarda doku dikilirken aşırı doku sıkışmasından kaynaklandığını öne sürmektedir. Diğerleri, skar retraksiyonunun veya işlem görmüş yüz-mimik kaslarının dikilememesinin, dudak kısılmasının ve alar tabanın genişlemesinin nedenleri olduğunu öne sürmektedir. Ancak muhtemelen ana faktör, maksiller ilerlemeden sonra yumuşak doku gerginliğinin artmasıdır.

Bu sorunu önlemek için yumuşak doku kapatmada yaygın olarak iki farklı teknik, alar cinching ve double V-Y sütür, uygulanır (Howley ve ark., 2011).

2.5. Le Fort I Osteotomi ve down fracture

Le Fort I osteotomisi, down fracture, mobilizasyon ve yeniden konumlandırma ile birleştirildiğinde, üç boyutlu maksiller deformiteyi cerrahi olarak düzeltebilir. Kuzey Amerika ve Avrupa'dan köken alıp evrimleşen bu osteotomi, sırasıyla Moloney ve Worthington¹ ve Drommer (1986) tarafından takip edilmiştir. Bu osteotominin cerrahi uygulamasının biyolojik temeli, Bell ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen mikroanjiyografik, histolojik ve klinik çalışmalarda kök salmaya devam etmektedir. (1975; 1971; 1995; 1970)

Le Fort I osteotomisi genellikle güvenilir ve öngörülebilir bir prosedür olarak kabul edilir. Bu işlemde kaynaklanan genel komplikasyon insidansının düşük olduğu görülmektedir (Hoffman ve Islam., 2008). Bununla birlikte, literatürde önemli komplikasyonlar belgelenmiştir. Tek başına veya seri olarak vaka raporları yayınlanmıştır. Esas olarak, bu komplikasyonlar kapsamlı bir şekilde Lanigan tarafından incelenmiştir (1987; 1990).

Down fracture noktasına ulaşmaya çalışırken karşılaşılan zorluk derecesi ve down fracture sürecinin kendisi, doğrudan veya dolaylı olarak nörovasküler hasar olasılığını artırabilir. İstenmeyen kırıklar, özellikle pterygomaksiller ayrılma ve / veya maksiller down fracture işleminden köken alan Le Fort I prosedüründen kaynaklanabilir. Bu tür kırık paternleri, radyolojik, kadavra ve kuru kafatası çalışmalarında kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir (Hiranuma ve ark., 1988; Lanigan ve ark., 1993; Renick ve ark., 1991; P. Robinson ve ark., 1986). Özellikle, pterygoid plakaları (özellikle yüksek düzeyde) içeren kırıkların veya ince fissür kırıklarının gelişimi, daha sonra her ikisi de bitişik kemik yapılarını içerecek şekilde uzayabilir. Özellikle pterygopalatin fossa, kafa tabanı (foramina) ve orbitaya uzanan bu istenmeyen kırıklar, önemli nörovasküler morbiditenin ortaya çıkmasından sorumlu olabilir.

Maksilla'nın atipik (kalitatif veya kantitatif) morfolojisi, Le Fort I osteotomisinin "atravmatik" uygulanmasını engelleyebilir. Spesifik olarak,

aşırı derecede dikey veya medio-lateral / ön-arka yönde üst çenenin kalın duvarları, maksiller sinüs hipoplazisi / aplazisi, sağlam pterygoid plaklar ve yoğun sklerotik maksiller tüberositelerin varlığı kemik ayrılması ve down fracture işleminde zorluklara katkıda bulunabilir. Pterygoid plağın alt tarafı ile maksiller tüberozitenin birleşim yerinde bir çatlak veya sinostoz olabileceği gösterilmiştir (Stajčić, 1991). Yüksek olduğu bildirilen %12 sinostozun varlığı, bu nedenle, pterygomaksiller ayrılmanın kontrollü olarak gerçekleştirilmesini engelleyebilir (Cheung ve ark., 1998).

Periyodik olarak karşılaşılan ve down fracture işleminde zorluğa neden olabilecek diğer anatomik anormallikler, doğuştan (yarık-kraniyofasiyal anomalili hastalarda olduğu gibi) veya kazanılmış (önceki travma veya daha erken düzeltici ameliyatların bir sonucu olarak) olabilir.

Klinik olarak önemli nörovasküler morbidite bazen Le Fort I osteotomisini takiben ortaya çıkabilir. Bu tür komplikasyonlar, cerrahın osteotomi ve pterygomaksiller ayrılma ve / veya müteakip maksiller down fracture sırasında karşılaştığı zorluklardan kaynaklanıyor gibi görünmektedir.

Arka maksiller, palatin ve sfenoid kemiklerin birleşim yerinde bulunan anatomik yeri, daha büyük (alçalın) palatin kanalın ve pterygopalatin fossanın oluşumuna katkıda bulunur. Önemli damarlar ve sinirler, bu kemikli yapılardan geçer veya bunlarla yakından ilişkilidir. Yakınlıkları nedeniyle, yaralanmalara karşı son derece hassastırlar.

- **Vasküler yaralanma**

Le Fort I osteotomisinden kaynaklanan ciddi intraoperatif (veya postoperatif) hemoraji, kas, kemik veya vasküler kaynaklı olabilir. Özellikle pterygoid plaklardan ortaya çıktıkları yerlerde, pterygoid kas sistemindeki kasıtlı olmayan yırtıklar, karışık arteriyovenöz kanamadan sorumlu olabilir. Posterior superior alveolar arterin (postero-lateral duvar yoluyla) ve inen palatin arterin (palatin kemiklerinin dikey plakası) kemik dokudaki yerleşimi, onları, yatay bölümlenme/kesme sırasında cerrahi el aleti veya osteotom tarafından yaralanmaya karşı özellikle savunmasız hale getirir.

Belirtilen damarlarda meydana gelen travma, hızlı arteriyel veya venöz kanamaya yol açabilir. Özellikle, pterygoid pleksusa yönelik travma, potansiyel olarak önemli venöz kanamanın en olası kaynağı iken; maksiller arter ve terminal dalları ise, pterygopalatin fossa boyunca seyrederken yaralanmaya karşı en savunmasız yapılardır (Hoffman ve Islam., 2008).

Bazı çalışmalar, bu vasküler yapılara ve özellikle de Le Fort I osteotomisinin gerçekleştirilmesiyle ilgili olduğu için, özellikle bu vasküler yapıların arka maksillaya ilişkin konumlarına dikkat çekmiştir. Turvey ve Fonseca (1980) pterygomaksiller bileşkenin yüksekliğini internal maksiller arterin yakınlığı ile ilişkili olarak tanımlamıştır.

Johnson ve O'Regan çalışmaları alçalan palatin damarlarının düzenini incelemişlerdir (Johnson ve ark., 1991; O'Regan ve ark., 2007) ve bu yapıların korunmasını sağlayarak hemoraji veya avasküler nekroz riskini en aza indirecek çeşitli teknikler geliştirmişlerdir. Teğet geçen veya tam oluşmamış yırtıklar, anevrizmanın gelişmesine yol açabilir. Eşlik eden venin yaralanması ile birlikte, ilişkili arterin laserasyonu, bir arteriyovenöz fistül gelişimine yol açabilir. Her iki patoloji de sırasıyla Procopio (2003) tarafından rapor edilmiştir.

İstenmeyen bir kırık, orta kraniyal fossa tabanına uzanıyorsa ve daha spesifik olarak foramen lacerum veya karotis kanalını içeriyorsa, iç karotid arterde yaralanmalar meydana gelebilir. Bu tür bir yaralanma, karotis-kavernöz sinüs fistülüne veya felce neden olabilir (Lanigan ve ark., 1993).

Avasküler nekroz, Le Fort I osteotomisinin ardından tartışmasız en korkulan komplikasyondur. Lanigan ve arkadaşları (1990), bu türden 36 vakayı gözden geçirmiş ve sadece avasküler nekroz riskini değil, aynı zamanda kanama miktarını da en aza indirmek için, mümkün olduğunca, inen palatin arterin korunmasını tavsiye etmiştir.

- **Nörolojik yaralanma**

Lanigan ve arkadaşları (1993), Le Fort I osteotomisi ile ilişkili oftalmik komplikasyonların gelişmesini doğrulamışlardır. Bu, kendi hasta kohortlarının sunumu ile bağlantılı olarak literatürdeki önceki her iki raporu

da kabul etmeye dayanıyordu. İndirekt streslerin ve gerilmelerin (örn. traksiyon, kompresyon, kontre-coup) aktarılmasının veya doğrudan travmanın (örn. Travmatik pterygomandibular ayrılma, zor down-fracture) meydana gelmesinin sınırlarda yaralanmaya neden olabileceğini iddia etmişlerdir.

Özellikle kafa tabanına ve orbitaya yayılabilen son derece ince fissür kırıklarının gelişimi, doğrudan viseral yaralanmaya yol açabilir. Yanlışlıkla pterygoid plakaların kökünde gelişen yüksek seviyeli kırıklar da kafa tabanı boyunca veya orbitaya yayılabilir ve bu da periferik nöromorbiditeden sorumlu olabilir. Sıklıkla görülen ufalanmış kırıklar ve yer değiştirmiş kemik spikülleri yerel yaralanmayı açıklayabilir (Hoffman ve Islam., 2008).

Güvenli ve tatmin edici pterygomaksiller ayrılma elde etmek için bir dizi teknik önerilmiştir (nöro-vasküler yaralanma riskini azaltmak amacıyla). Bunlar arasında basit dijital manipülasyon; kaldıraç, 'modifiye edilmiş' kaldıraç, tescilli forseps ve yayıcıların (spreaders) kullanımı; çeşitli eğimli osteotomların kullanımı; mikro salınımlı (micro-oscillating) cerrahi testere veya osteotom kullanımıyla tüberosite osteotomisinin gerçekleştirilmesi yer almaktadır. Hepsi çeşitli şekillerde referans edilmiştir ve Lanigan (1993) ve O'Regan (2007) tarafından gözden geçirilmiştir.

- **Sorun Giderme: Ameliyat Öncesi Hususlar**

Çene cerrahisine ihtiyaç duyan hastaların cerrahi öncesi teşhis çalışmaları, geleneksel olarak klinik, çalışma modeli ve düzlemsel radyografik analize dayanmaktadır. Devamında ise, lateral sefalometrik, postero-anterior sefalometrik ve ortopantomografik görüntülerin kapsamlı değerlendirmesini içermektedir (Hoffman ve Islam., 2008).

Konik ışın teknolojisi, birden fazla bireysel düzlemsel görünüm ihtiyacını ortadan kaldırır. Maksillofasiyal görüntüleme için özel konik ışınli sistemlerin kullanımına ilişkin raporlar literatürde ilk olarak 1990'ların sonlarında ortaya çıkmıştır (Mischkowski ve ark., 2007). Son on yılda hızla gelişmeye devam ettiklerinden, literatürde maksillofasiyal görüntüleme ile

ilgili çeşitli yenilikçi uygulamalar bildirilmiştir. Bu tarayıcılar, karşılaştırılabilir tanısal görüntüler sağlarken; geleneksel medikal bilgisayarlı tomografi (CT) tarama cihazlarından önemli ölçüde daha az radyasyon üretir (Mah ve ark., 2003; Tsiklakis ve ark., 2005). Ek olarak, radyasyon miktarı azaltıldığından, konik ışın görüntülerinde metal restorasyonlardan ve/veya sabit ortodontik apareylerden köken alan saçılma miktarı çok daha azdır.

Spesifik olarak, bu tür görüntüleme hem öngörülebilir anatomik analizi hem de cerrahi planlamayı kolaylaştırmak için distorsiyona uğramamış, yüksek çözünürlüklü üç boyutlu morfolojik bilgi sağlamaktadır (Hoffman ve Islam., 2008).

- **Sorun giderme: Operasyonla ilgili hususlar**

Down-fracture ve mobilizasyonu kolaylaştırmak için, üst çene yatay osteotomisini takiben net pterygomaksiller ayrılma istenir. Bu adım sonucunda pterygoid plaklar sağlam ve kafa tabanına yapışık kalmalıdır. Bazı durumlarda pterygoid plakaların kalın ve iyi desteklenmiş olduğu belirtilirken, bazı durumlarda ise plakaların olağanüstü ince ve neredeyse yarı saydam olduğu belirtilmiştir (Lanigan ve ark., 1993). Daha önce belirtildiği gibi, hastaların %12'ye kadarı aslında bir pterygomaksiller sinostoz ile kendini gösterebilir (Cheung ve ark., 1998).

Pterygoid plakaların düşük seviye kırıkları, pterygoid kas yapısı yapışık kaldığından dolayı down-fracture ve mobilizasyonda zorluklara zemin hazırlayabilir (Hoffman ve Islam., 2008).

Pterygoid plakaların yüksek seviye kırıkları, potansiyel olarak nöro-oftalmik komplikasyonlara neden olarak, kafa tabanı içine doğru veya kafa tabanı boyunca kırığın yayılmasına yatkınlık oluşturabilir (Hoffman ve Islam., 2008).

Le Fort I osteotomisini takiben pterygoid plaka kırığı insidansı, postoperatif BT taramasında tanımlandığı üzere, %58 ila 75 arasında değişebilir (Renick ve ark., 1991; Robinson ve ark., 1986). Pterygomaksiller ayrılma ile ilişki olarak pterygoid plaka kırığı insidansı yüksek görünse de; kafa tabanına / orbitaya uzanan istenmeyen kırıkların insidansı şüphesiz düşüktür. Lanigan,

sabitlenmemiş yeni kadavra çalışmasında, vakaların %26'sının "zor bir alt kırık" olduğunu ve bunun büyük olasılıkla üst çene çeperlerinin kalın olmasına atfedebileceğini belirtmiştir (Lanigan ve ark., 1993).

Lanigan ve arkadaşları (1993) daha önce, rutin bir Le Fort I osteotomisinin tamamlanmasının ardından zor bir down-fracture ile karşılaşılması halinde, üst çenenin arka duvarlarının osteotomisinin bir osteotom ile kesilerek tamamlanması gerektiği sonucuna varmışlardı. Alternatif olarak hem kalın arka duvarlardan kaçınmak hem de pterygomaksiller ayırmayı kolaylaştırmak amacıyla, işlem tüberositeden gerçekleştirilebilir.

Lanigan ve Guest (1993), maksiller tüberositeden 'ayırmayı' kolaylaştırmak için mikro salınlı bir testere veya düz bir osteotom kullanma önerisine rağmen, pterygomaksiller ayırma ve down-fracture sırasında istenmeyen kırıkların meydana gelmesini tamamen önlemenin muhtemelen imkânsız olduğu sonucuna varmıştır.

Cerrahin 3B maksiller morfolojiye tam olarak aşına olmasını sağlamak için bu vakaların preoperatif değerlendirmesinin bir bileşeni olarak kapsamlı konik ışın görüntüleme yapılması önerilmektedir (Hoffman ve Islam., 2008). Osteotomi ve ayırmayı takiben, maksiller down-fracture aşamasında zorluk oluşursa, aşağıdaki manevralar yardımcı olabilmektedir:

- i. Tüm erişilebilir (anterior-medial antral, lateral antral ve superior-nazal krest) osteotomi bölgeleri revize edilebilir. Bu işlem, en azından, üst çenenin "menteşelenmesine" izin verebilir.
- ii. Direkt görüş altında düz 4 mm osteotom ile arka maksiller bölgenin osteotomisi tamamlanabilir.
- iii. Piramidal serbest bırakma, gerektiği gibi, direkt görüş altında, daha sonra gerçekleştirilebilir (döner matkap, spatula osteotom, warwickjames elevatörü

veya rongeurs) (Hoffman ve Islam., 2008).

Sonuç olarak, üst çene Le Fort I osteotomisi orta yüz deformitesini düzeltmek için sıklıkla tercih edilen cerrahi tedavi olmaya devam etmektedir. Prosedürün genellikle düşük komplikasyon insidansı sergilemesi, operatif olarak güvenli olduğu düşündürmektedir.

Cerrahlar bazen zor bir osteotomi ve / veya down-fracture ile karşılaşabilir. Bu muhtemelen atipik bir maksiller morfolojinin varlığı ile ilgilidir. Kapsamlı preoperatif konik ışınli görüntüleme ve özenli operatif teknik, bahsi geçen sorunla başa çıkmada yardımcı olacaktır ve komplikasyon olasılığını azaltacaktır (Hoffman ve Islam., 2008).

2.6. Sonlu elemanlar analizi (SEA):

Sonlu elemanlar yöntemi, kompleks geometrilerin analizinde kullanılan sayısal bir yöntemdir. Bu yöntemde yapı bir, iki, üç boyutlu olarak incelenmektedir. Yöntemde, değişik şekillerdeki yapılar üzerinde modeller yapılır ve bunlar birbirlerine düğüm noktalarından bileşen basit geometrik elemanlara bölünür. Kuvvet dağılımı, her geometrik şekil için farklı olacağından hassas bir analiz için eleman sayısı çoğaltılmaktadır.

1940' lı yıllarda matematikçiler tarafından geliştirilen sonlu elemanlar analizi, mühendislikte karşılaşılan problemlerin analitik çözümünde kullanılmaktadır. Yöntemle ilgili ilk çalışmalar, Hrennikoff ve Mc Henry tarafından geliştirilen iki boyutlu yarı analitik analiz yöntemlerine dayanır. Yöntemin üç boyutlu olarak uygulanması 1964 yılında gerçekleşmiş olup, 1965 yılında yöntem ile Poisson denklemi çözülmüştür. 1970' de ise yöntem akışkanlar mekaniğine uygulanmıştır.

Modeldeki stresleri matematiksel anlamda elde edebilme amacıyla bazı bilgilere sahip olmak gerekmektedir (Hrennikoff, 1941; McHenry, 1943). Bunlar;

-Düğüm noktaları ve elemanların toplam sayıları ile her bir düğüm noktası ve elemanı belirleme amaçlı numaralandırma sistemi,

-Her bir elemanla ilgili olarak materyalin elastisite katsayısı ve poisson oranı sınır şartları tipi ve dış düğümlere uygulanan kuvvetlerin değerlendirilmesidir.

Son yıllarda biyomekanik ile ilgilenen araştırmacıların artması nedeniyle, dişhekimliği alanında bu yöntem kullanım bulmuştur. Yöntem, iki boyutlu ve üç boyutlu olarak uygulanabilir. İki boyutlu sonlu elemanlar analizi uygulama kolaylığı nedeni ile tercih edilmektedir. Son elemanlar analizi SEA' da modeller biyolojik yapıları tamamıyla taklit etmediği için, kemik yapıdaki gerilme miktarına bağlı apozisyon veya rezorbsiyon gibi biyolojik değişimler incelenemez. Çalışmalarda kabul edilen kemik ve implant arası %100 osseointegrasyon gerçekte izlenmemektedir ve in vivo şartlarla görülen

farklılıkların esas nedeni olarak gösterilmektedir (Meijer et al, 1992; Daas et al, 2008) .

SEA Uygulamaları:

1. SEA biyolojik yapılardaki (morfometri), özellikle büyüme ve gelişme alanındaki form değişikliklerinin tanımlanmasında uygulanmıştır.
2. Alveoler streslerin fizyolojik değerlerinin bilinmesi, gerilme kuvveti ile ilişkili kemiğin yeniden modellenmesinin anlaşılması için önemlidir ve ayrıca diş implantlarının tasarımı için bir referans kılavuzudur.
3. SEA aynı zamanda doğal materyal homojenliği ve dental implantlar gibi potansiyel olarak karmaşık şekillere sahip yapılar için de yararlıdır.
4. Ortodontik kuvvetlere maruz kaldığında periodontal ligamentte üretilen stresleri analiz etmek.
5. Dişlerdeki gerilme dağılımını farklı tasarımlara göre incelemek.
6. Dental restorasyonların tasarımını optimize etmek.
7. Kavite yüzeyini hazırlarken dişteki gerilme dağılımını araştırmak. Tanımlanan tahmini bilgisayar modeli türü, diğer daha az temsilci modeller üzerinde hayvan testleri veya testler yapmaya gerek kalmadan yeni cihaz sistemlerinin ve malzemelerinin etkisini doğru bir şekilde değerlendirirken, diş hareketinin biyomekaniğini incelemek için kullanılabilir (Kavram ve ark., 2010).

SEA'in Avantajları:

1. Kapsamlı enstrüman gerektirmez.
2. Herhangi bir problem daha az sayıda probleme ayrılabilir.
3. Noninvaziv bir tekniktir.
4. Nesnenin 3 boyutlu modeli FEM ile kolayca oluşturulabilir.
5. Malzemelerin gerçek fiziksel özellikleri simüle edilebilir.
6. Tekrarlanabilirlik ilgili fiziksel özellikleri etkilemez.
7. Çalışma uygulayıcının istediği kadar tekrarlanabilir.
8. Doğal koşullara çok benzer.
9. Statik ve dinamik analiz yapılabilir (Kavram ve ark., 2010).

SEA'in dezavantajları:

Dişler sert olduğu düşünölen destekleyici kemiğe tutturulmuş olarak kabul edilir ve dişleri kemiğe bağlayan düğümler sabit kabul edilir. Ancak maksimum gerilmeler genellikle dişin sivri uç bölgesinde yer alır. SEA'nın ilerlemesi, mine, dentin ve periodontal ligament ve süngersi ve kortikal kemik için daha iyi tanımlanmış fiziksel özellikler elde edilene kadar sınırlı olacaktır.

Oral Ve Maksilofasiyal Cerrahide Sonlu Eleman Analizi Yönteminin Kullanılması

Tıp ve sağlıkta kan, kaslar, damarlar, kemik ve benzeri kalsifiye yapılar üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Üzerinde çalışılan bu dokuların her birinin kimyasal bileşimleri ve buna bağlı olarak fiziksel özellikleri farklılık göstermektedir.

Bu farklılıklar sebebiyle farklı dokuların, hatta aynı türdeki dokuların vücuttaki farklı konumlarına göre dış kuvvetlere verdikleri fiziksel yanıtlar, elastisite modülleri, deformite gibi özellikleri değişmektedir (Shyam Sundar et al, 2012). SEA ile özellikleri incelenecek bir objenin modellenmesinin, objenin kendi geometrik şekline olan yakınlığı, inceleme sonucunda elde edilecek verilerin gerçeğe yakın sonuçlar vermesini sağlamada önem taşır. İncelenecek objenin geometrik yapısı basitleştikçe analiz daha kolay hale gelir ve çözümleme ile elde edilen sonuçlar gerçeğe daha yakın olarak gözlenir. Ancak maksillofasiyal bölgedeki yapıların incelenmesinde, gerek yapıların makro ve mikro düzeydeki kompleks anatomiye sahip olması, gerekse bu yapıların heterojen iç yapıları nedeniyle problemlerin analizleri ve sağlıklı sonuçlar elde edilmesi zorlaşır (Wong and Tang, 2011).

SEA incelemelerinde, insan, kadavra veya hayvan dokularının BT ile taranması ile elde edilen görüntüler, belli programlar yardımı ile mesh (ağ) yapısına dönüştürölmekte, bu ağ yapısının düzenlenmesi ile objenin sanal ortamda 3D modeli elde edilebilmektedir. Canlı veya cansız dokular ile yapılması oldukça zor olabilecek çalışmalar, bu oluşturulan 3D modeller ile hem kolay hem

tekrarlanabilir şekilde yapılabilmektedir (Daegling and Hylander, 2000). Bu özellikleri sebebiyle maksillofasiyal bölgedeki kompleks yapıların incelenmesinde, SEA oldukça faydalı bir yöntem olarak görülmektedir (Wong and Tang, 2011).

SEA ile incelenecek yapı, kendisinden daha küçük ve daha basit parçalara ayrılırsa analizi o kadar basit hale gelir. Yani karmaşık bir yapı ne kadar fazla düzgün geometriye sahip şekillere bölünebilirse, incelenmesi ve yapılacak olan hesaplama sistemleri o kadar kolaylaşır. İncelenecek parçaların sayısı arttıkça bu parçalar üzerinde yapılan hesaplamalar da artar, böylece daha kesin ve gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilir. Maksillofasiyal bölgedeki kompleks yapıların bütününün incelenmesi, SEA dışındaki benzer metodlar ile yapılamayacak kadar detaylı ve komplikedir (Shyam Sundar et al, 2012; Daegling and Hylander, 2000).

Fizik kurallarına göre, bir cisim kendi üzerine etki eden kuvvette eşit ve zıt yönlü bir tepki oluşturur. Mandibulada çiğneme, konuşma gibi fonksiyonlar sırasında üzerine yapışan kasların etkisi altında kalır ve yapısı içerisinde çeşitli gerilimler oluşur. Bu karmaşık hareketlerin bütünü ve mandibulanın kendisine has yapısal özellikleri, bu kemikle yapılacak olan in vivo incelemelerde, biyomekanik olarak gerçeğe yakın sonuçlar elde edilebilmesini zorlaştırır (Shyam Sundar et al, 2012; Hart et al; 1992).

SEA maddenin statik olarak incelenebilmesine olanak veren bir yöntemdir. Ancak gelen kuvvetler karşısında mandibula iç yapısında oluşan gerilim dağılımları ve yer değiştirmeleri konusunda güvenli veriler sağlayabilmektedir. Bu teknikle aynı zamanda materyale özgü karakterlerin (elastisite modülü, sertliği vb.) yazılım sistemine girilerek mekanik özelliklerinin incelenmesine fırsat verir, böylece laboratuvar ortamına gerek kalmadan biyomekanik incelemeler yapılmasını ve klinik pratikte kullanılabilir nitelikte veriler elde edilmesini sağlar (Wong and Tang, 2011).

SEA maksillofasiyal bölgede meydana gelen travmaların tedavilerinde darbe analizleri, yerleştirilmesi planlanan osteosentez sistemlerinin ideal pozisyonunu ve maruz kalacakları yükleri belirlemede ve başarılı bir osteosentez tahmininin

değerlendirilmesinde kullanılır. Planlı olarak gerçekleştirilen farklı osteotomi tekniklerinin biyomekanik analizlerinin yapılabilmesine, kemik üzerini kaplayan

yumuşak dokuların bu hareketlere vereceği cevabın önceden tahmin edilebilmesine yardımcı olur. Maksillofasiyal bölgelerde meydana gelen geniş patolojilere bağlı yapılan rezeksiyon osteotomilerinin ve rezeksiyon sonrası ilgili bölgenin rekonstrüksiyonunun planlanmasında, yeni oluşturulan yapının biyomekanik davranışının incelenmesinde kullanılır. Ayrıca dental implantların dizaynı, implantın kemik içine yerleştirilmesi sırasında kemikte ve implantta oluşan streslerin incelenmesi için kullanılır. Distraksiyon osteogenezi uygulanacak vakalarda ise sert ve yumuşak dokulara uygulanacak kuvvetin ayarlanması, vektör hesaplamaları, distraksiyon aygıtının tasarımı ve adaptasyonunda kullanılmaktadır (Wong and Tang, 2011). Son yıllarda zigomatik implantlar, zigoma ile maksiller sinüs ve alveolar kemiği modellemesi, çalışmalar içerisinde öne çıkan konulardır (Freedman et al, 2013). Zigomatik implantların 2 ve 3 boyutlu sonlu elemanlar modellemeleri ile, zigoma ve maksillada mekanik stimülasyon, çevre dokularda oluşabilecek deformasyonlar, oklüzal kuvvetler ile zigoma ve maksillada oluşan gerilim kuvvetleri ve etkileri, mastikasyon süresince maksilla ve zigomada oluşabilecek stresler, farklı cerrahi tekniklerle uygulanan zigomatik implantların çevresindeki stres dağılımları gibi farklı konularda araştırmalar yapılmıştır (Ujigawa et al, 2007; Wang et al, 2013).

Kaybedilen dişlerin rehabilitasyonunda implantların kullanımı yaygınlaşmıştır (Barry et al, 2005). Piyasada kullanılan implant markalarının ve modellerinin çeşitliliğinin yanı sıra, implant materyalleri de çeşitlilik göstermektedir.

Malzemelerin mekanik özellikleri implant seçimindeki en önemli kriterlerden biridir. Sonlu elemanlar yöntemi, biyomedikal uygulamalarda özellikle dental implantlar konusunda son zamanlarda oldukça sıklıkla kullanılmaktadır (Geng et al,2001; Himmlova et al, 2004). Yapılan çalışmalarda, özellikle kemik üzerindeki stres değerlerinin incelenmesinde farklı sonuçlar elde edilmiş olup, bu sonuçların çeşitliliği, implant özelliklerine göre değişim göstermektedir.

İmplant ara parça kırıklarının dental implant uygulamalarında başarısızlık sebeplerinden birisidir. Bu anlamda implant üzerinde stres sonucunda meydana gelen gerilmelerin incelenmesi önem arz etmektedir.

Dental implant sistemleri implant ve abutment olmak üzere 2 komponentten oluşmaktadır. İmplant bölümü çene kemiği içerisine (endossöz) ya da üzerine (subperiostal) yerleştirilmektedir. Abutment bölümü, implantın ilişkili restorasyon ile bağlantısını kuran bölümdür. Abutment implant arasındaki ilişki, makinelenmiş bir yüzey ile sağlanabildiği gibi, abutmentin bir vida yardımı ile implant ile bağlantısının oluşturulması ile de olabilir. Abutment vidası kaybı gibi bazı mekanik komplikasyonlar implant-abutment ilişkisinde görülebilir (Mackerle, 2004).

İmplant başarısızlıklarının en büyük etkeni, implant ve implantı çevreleyen kemik doku arasındaki biyomekanik ilişkinin yeterli düzeyde olmamasıdır. Dental implantlar karşısında çene kemiklerinin cevabı yeterli düzeyde incelenmemiş ve implant uygulamaları sonucu çene kemikleri üzerinde oluşan streslerin uzun süreli etkileri tam olarak anlaşılamamıştır. Streslerin incelenmesi ve anlaşılması, çene kemikleri üzerinde istenmeyen streslerin oluşumunun önüne geçebilir. SEA, herhangi bir geometrik yapının üzerinde oluşan gerilim ve deformasyonların analizini sağlayan sayısal bir methodur. SEA metodunun gerilimler üzerinde çalışılabilmeye olanak tanınması, dental implantlar üzerinde uygulanmasının başlıca nedenidir (Mackerle, 2004).

SEA' nın kullanıldığı dental mekaniğin incelendiği çoğu yayın dental implantlar uygulamaları üzerinedir. Dental implantların sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi farklı başlıklar üzerinden yapılmaktadır. Bu başlıklar, tasarım değerlendirmeleri, materyal değerlendirmeleri, implant üzerinde oluşan yüklerin değerlendirilmesi, yüzey değerlendirilmeleri ve diğer konulardır (Van Staden et al, 2006).

3. MATERYAL VE METOT

-Sonlu Eleman Modellerinin Oluşturulması

Maksiller retrognatiye sahip (ters overjet -2 mm) yetişkin bir hastanın kuru kafatası verileri, 3D maksilla ve mandibula SEA modellerini oluşturmak için ağ örgüsüne (meshwork) dönüştürülmüştür. Hem üst çene hem de alt çene üçüncü azı dişleri dışında tüm dişleri içerecek şekilde tasarlanmıştır. 3D maksilla SEA modelinde, maksiller tüberositeden piriform açıklığa uzanan kortikotomi (Lefort I kortikotomi) oluşturulmuştur. İlaveten, iki tip osteotomi uygulanmıştır: Maksilla duvarının tamamını içeren tip A osteotomide lateral burun duvarları, pterygoid plaklar ve down-fracture yapılmamalıdır. B tipi osteotomide ise maksilla lateral duvarı, nazal duvar, pterygoid plaklar ve nazal septum ayrılmış, ancak down-fracture gerçekleştirilmemiştir.

3D mandibula SEA modelinde, TME de modellenmiştir. TME, glenoid fossa, kondil, kıkırdak tabakası ve eklem diskini içermektedir. Glenoid fossa ile mandibular kondil arasındaki boşluğu kaplayan bikonkav eklem diskinin kalınlığı 2 mm olarak ayarlanmıştır (Hansson Nordström, 1977). Glenoid fossa ve kondili örten eklem kıkırdak tabakasının kalınlığı ise 0.2 mm olarak ayarlanmıştır (Pullinger ve diğerleri, 1990). Periodontal ligament genişliğinin ise 0.25 mm olduğu varsayılmıştır (McGuinness ve ark., 1991).

Kortikal kemiğin kalınlığına ise Farmsworth ve arkadaşları (2011) tarafından yürütülen çalışma baz alınarak karar verilmiştir. Değerler, tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1 Üst çenedeki kortikal kemiğin kalınlığı

Maksilla	Bölge	Yetişkinler (mm)
Bukkal (interartiküler alan, alveolar kretin 4	2-3	1.20

mm apikalinden)		
	4-5	1.33
	5-6	1.45
	6-7	1.26
Lingual (interartiküler alan alveolar kretin 4 mm apikalinden)	2-3	1.17
	4-5	1,38
	5-6	1.53
	6-7	1.26
Damak	insiziv foramenin 3mm dorsali	1.24
	insiziv foramenin 6mm dorsali/ sırtı	1.24
	insiziv foramenin 9 mm dorsali	1.19
İnfrazigomatik kret		1.58

Tablo 2 Alt çenedeki kortikal kemik kalınlığı

Maksilla	Küme	Yetişkin (mm)
Bukkal (interartiküler alan, alveoler kretin 4 mm altında)	2-3	1.20
Bukkal (interartiküler alan, alveoler kretin 4 mm altında)	4-5	1.68
Bukkal (interartiküler	5-6	1.91

alan, alveoler kretin 4 mm altında)		
Bukkal (interartiküler alan, alveoler kretin 4 mm altında)	6-7	2.49

Orta-palatal ve maksillofasial sütürlerin genişliği 0,5 mm olarak kabul edilmiştir (Fricke-Zech ve ark., 2012).

-Apareylerin Tasarımı

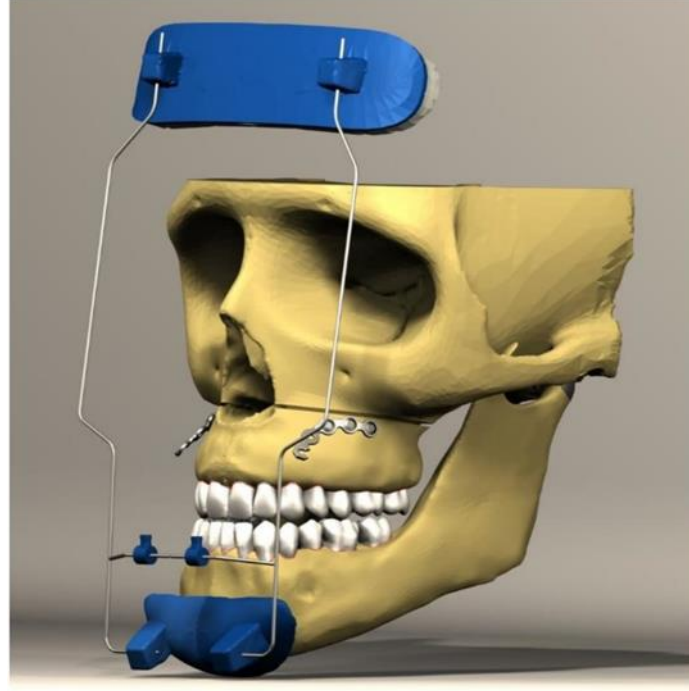
Birinci aparey şekil 15

3 mini vida (çap 2 mm, uzunluk 8 mm) kullanılarak alt zigomatik alana yerleştirilen beş delik (uzunluk 31.65, delik çapı 2 mm, kalınlık 0.80 mm) ile bükülmüş mini plaktan oluşur (Şekil 15). Mini plağın ucu birinci küçük azı dişi ile kanin diş arasındaki dişetin apikal sınırını 4 mm yukarısında konumlanır. Lastikleri bağlamak için mini plağın ucunda bir kanca oluşturulmuştur.

Delaire yüz maskesi kullanılarak her iki tarafa ekstraoral elastiklerle aşağı ve öne oklüzal düzlemde 500 gr ağır kuvvetler uygulanmıştır (mini plağın uç kancası ile yüz maskesi apareyi arasına bağlanır).

Sınır koşulu: Gautam ve arkadaşları (2007) tarafından belirtildiği gibi foramen magnum, sabit bir başlangıç alanı olarak kabul edilmiştir.

Alın, alın pedi ile; çene ise sabit bir çene pedi ile temas halinde olacak şekilde düzenlenmiştir. İlâveten, modelin kaymasını önlemek için temporal kemiğin üst kısmı sabitlemiştir.



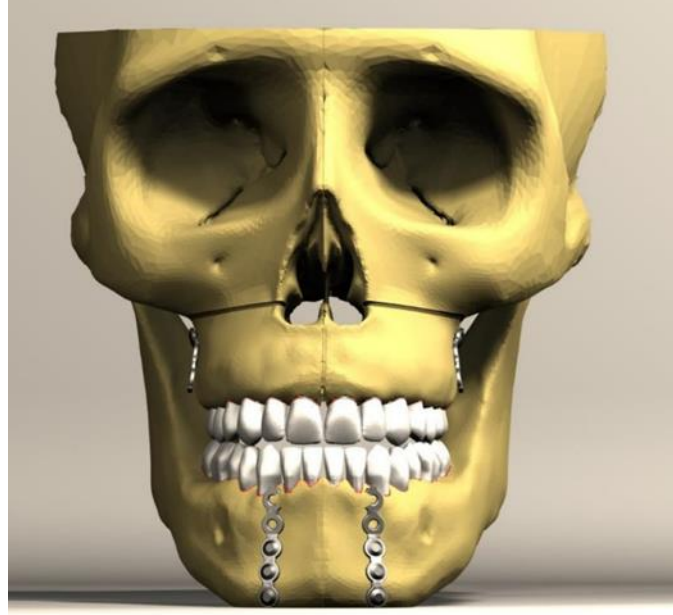
Şekil 15 Birinci aparey (iskelet destekli yüz maskesi)

İkinci Aparey: şekil 16

Üst çenede düz mini plakalar (25 mm uzunlukta 6 delik) alt zigomatik bölgeye yerleştirilmiştir ve sol ve sağ taraflar için (6 mm uzunluk ve 2 mm çap) kendinden kılavuzlu (self-tapping) 3 kemik vidası kullanılarak sabitlenmişlerdir. Lastikleri bağlamak için mini plağının ucunda bir kanca oluşturulmuştur. Çengel birinci molar ile ikinci premolar arasında dişetin apikal sınırını 2 mm yukarısında konumlandırılmıştır.

Alt çenede düz mini plakalar (21 mm uzunluğunda 5 delik) aşağıya, mandibular kanin dişleri ile yan kesici dişler arasına yerleştirilmiştir. Ayrıca her iki taraf 3 adet self-tapping tipte kemik vidası ile sabitlenmiştir. Vidaların diş kök apekslerinin seviyesinde olmasına özen gösterilmiştir. Lastikleri bağlamak için mini plağının ucunda bir kanca oluşturulmuştur. Çengel kanin ile yan kesici dişler arasındaki dişetin apikal sınırında konumlandırılmıştır.

Maksiller mini plağının kancası ile mandibular mini plağının kancası arasında, her bir taraf için 500 gr ağır bir kuvvet uygulayan lastikler yerleştirilmiştir.



Şekil 16 İkinci aparey (kemik detsekli sınıf III traksiyon apareyi)

Sınır koşulu: Foramen magnum, sabit bir başlangıç alanı olarak kabul edilmiştir. Modelin kayarak yer değiştirmesini önlemek için temporal kemiğin üst kısmı sabitlenmiştir. Modeller bir tetrahedral FE ağı oluşturmak için Algor Fempro (ALGOR, Inc. 150 Beta Drive Pittsburgh, PA 15238-2932 USA) yazılımına yüklenmiştir. Toplam düğüm ve eleman sayısı tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3 Elemanların ve düğümlerin sayısı

Modeller	Düğümler	Elemanlar
Birinci Aparey	276797	1237986
İkinci Aparey	290536	1393723

Tüm materyaller doğrusal elastik, homojen ve izotropik olarak tanımlanmıştır. Her iki apareyde de kemik ile vida arasındaki temas yüzeyinin sert bir şekilde bağlı olduğu kabul edilmiştir. Çünkü mini vidaların etrafındaki gerilim çalışmamızın amacını oluşturmamaktadır.

Kemiğin, dişlerin, periodontal ligamentin, ve mini plakaların mekanik özellikleri literatürden temin edilmiştir (Gautam ve ark., 2007; Lee ve ark., 2014) ve tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4 Materyallerin mekanik özellikleri

Malzemeler	Young modülü (MPa)	Poisson oranı
Maksilla kortikal kemiği	13700	0.30
Süngerimsi maksilla kemiği	1376	0.30
Kortikal kemik (çene kemiği)	1.37×10^4	0.30
Süngerimsi kemik (çene kemiği)	7.93×10^3	0.30
Eklem diski	4.41×10	0.40
Eklem kıkırdağı	7.90×10^{-1}	0.49
Dikiş	68.65	0.40
Miniscrew	10.30×10^5	0.33
Paslanmaz çelik tel	20.59×10^5	0.30
PDL	50.01	0.49
Diş	$2,03 \times 10^5$	0.30
Mini plakla	10.30×10^5	0.33

3D Koodinasyon Sistemi

3D koordinatlar oklüzal düzlemde oluşturulmuştur: Y anteroposterior düzlem, X transvers düzlem, Z Vertikal düzlem. Y, X, Z için pozitif sayılar distal, sol ve superior yer değiştirmeyi göstermektedir.

4. BULGULAR

Yüz maskesi: Sn01

Kemik destekli protraksiyon apareyi: Sn02

Parsiyel kesim: Tip A osteotomi

Tam kesim: Tip B osteotomi

4.1. Yer değiştirme:

Yüz maskesi apareyi ve A tipi osteotomi uygulanan üst çene, sagittal düzlemde saat yönünde rotasyonla birlikte minimal düzeyde geriye doğru yer değiştirme (ANS 0.0009 μm) göstermiştir. Bu durum, ANS'nin aşağı doğru hareket etmesiyle (ANS 0.41 μm) ilişkilendirilmiştir. Buna karşılık, tüberosite yukarı yönde hareket sergilemiştir (tüberosite 0.21 μm). B tipi osteotomi uygulanan üst çene, saat yönünde rotasyonla (ANS -0.27, Tuberosite 0.02 μm) birlikte anterior yer değiştirme (ANS 0.04 μm) göstermiştir (Tablo 5) (şekil 17, 18, 19).

Tablo 5 Birinci apareyde maksiller yer değiştirme

Sn01 tip A (μm) Sn01 tip B (μm)						
	X	Y	Z	X	Y	Z
ANS	0,000	0.0009	-0,413	0.000009	-0,046	-0,276
Tüberosite	0.031	0.121	0.021	0,029	0,029	0,026

Kemikten ankraj alan apareyin ve A tipi osteotominin uygulandığı üst çene, tüberosite aşağı doğru hareket ettiği (0,15 μm), ANS ise yukarı doğru (0,17 μm) hareket ettiği için saat yönünün tersine bir rotasyon yaparak ileri yer değiştirme (ANS 0,15 μm) göstermiştir.

B tipi osteotominin uygulandığı üst çenenin öne doğru yer değiştirme miktarının, A tipi osteotomidekinden (ANS 0.13 μm) daha az olduğu saptanmıştır. Ayrıca, B tipi osteotomi grubundaki saat yönünün tersine rotasyon, A tipi osteotomidekine kıyasla daha düşük bulunmuştur.

En fazla öne doğru yer değiştirme miktarı, kemik destekli aparey ve tip A osteotomi uygulanan grupta tespit edilmiştir (Tablo 6) (Şekil 20, 21, 22).

Tablo 6 İkinci apareyde maksiller yer değiştirme

Sn02 tip A (μm)			Sn02 tipB (μm)			
	X	Y	Z	X	Y	Z
ANS	0,000	-0,150	0.176	0,00007	-0,138	0.169
Tüberozite	-0,062	-0,223	-0,150	-0,066	-0,198	-0,135

4.2. Stres dağılımı:

Osteotomi tip A ve tip B'ye sahip her iki aparey için üst çenede stres, vidaların etrafında yoğunlaşmıştır.

Birinci aparey için, A tipi osteotomide (0.206532 N/mm^2) kondilin ön tarafında meydana gelen stresin, B tipi osteotomideki stresten (0.177791 N/mm^2) daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Glenoid fossada maksimum stres hem A hem de B tipi osteotomi için fossanın üst tarafında yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte, A tipindeki stresin B tipindekinden daha fazla olduğu bulunmuştur ($0.235167, 0.130097 \text{ N/mm}^2$) (Tablo 7, Şekil 23).

Birinci apareyde olduğu gibi, ikinci apareyde de maksimum stres, kondilin ön tarafında yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte, A tipi osteotomideki stresin, B tipindekinden ($0,217949, 0,211704 \text{ N/mm}^2$) daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Glenoid fossada maksimum stresin üst tarafta olduğu gözlemlenmiştir. Birinci apareydekinin aksine, B tipi osteotomideki stresin A tipindekinden ($0.299777, 0.298649 \text{ N/mm}^2$) daha fazla olduğu saptanmıştır (Tablo 8, Şekil 24).

Genel olarak, ikinci apareydeki stres dağılımının birinci apareydekinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

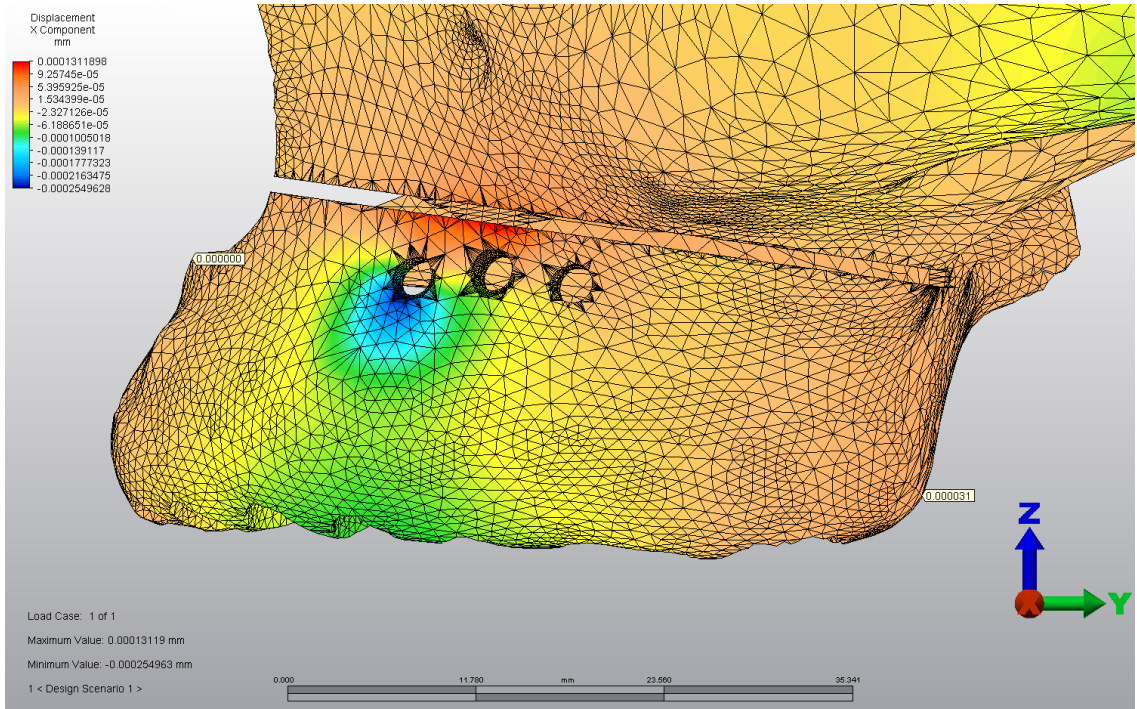
Tablo 7 Birinci aparey için temporomandibular eklemdaki stres dağılımı

Sn01 tip A (N / mm ²)			Sn01 tip B (N / mm ²)			
	anterior	süperior	posterior	anterior	süperior	posterior
Kondil	0.206523	0.169411	0.068373	0.177791	0.166488	0.045030
Fossa	0.188208	0.235167	0.080849	0.114993	0.130097	0.046984

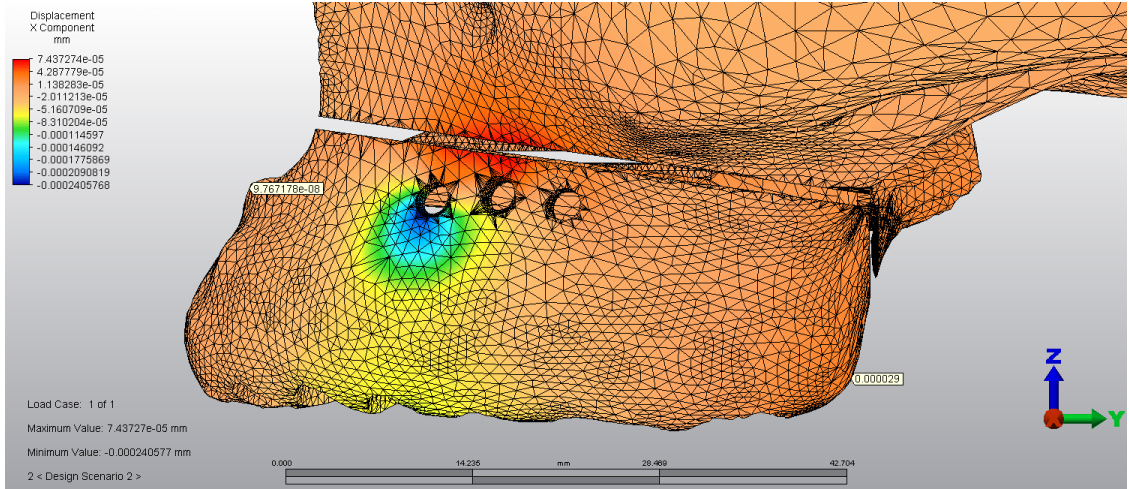
Tablo 8 İkinci aparey için temporomandibular eklemdaki stres dağılımı

Sn02 type A (N/mm ²)			Sn02 type B (N/mm ²)			
	Anterior	superior	Posterior	Anterior	Superior	Posterior
Condyle	0.217949	0.207502	0.096329	0.211704	0.198659	0.074941
Fossa	0.147790	0.298649	0.177540	0.185588	0.299777	0.298068

A tipi osteotomi

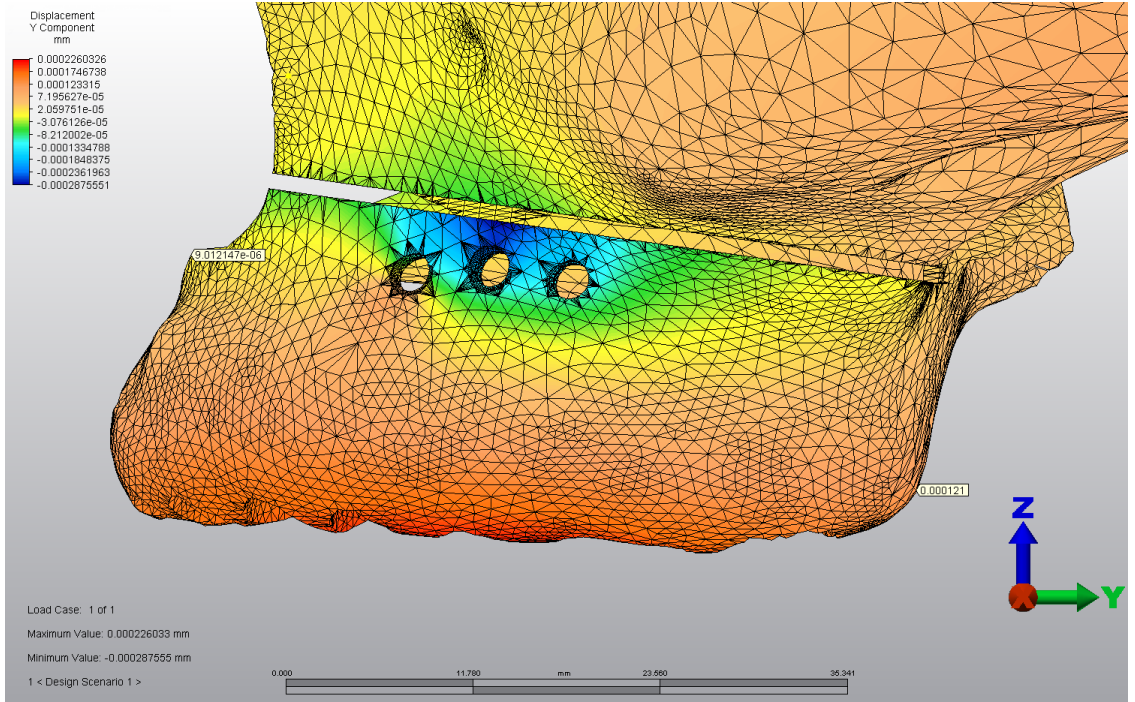


B tipi osteotomi

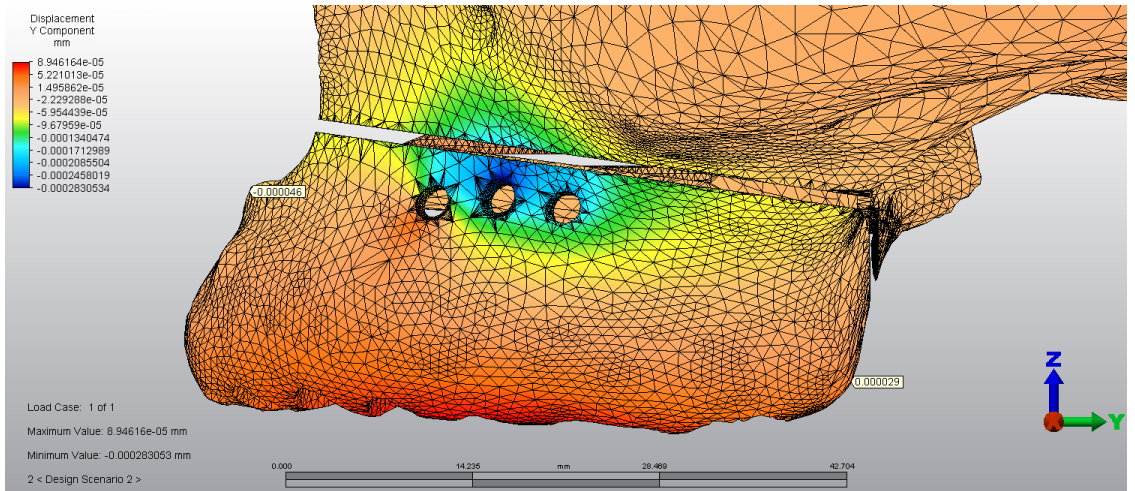


Şekil 17 Birinci apareydeki yer değıştirme miktarı (X düzlem)

A tipi osteotomi

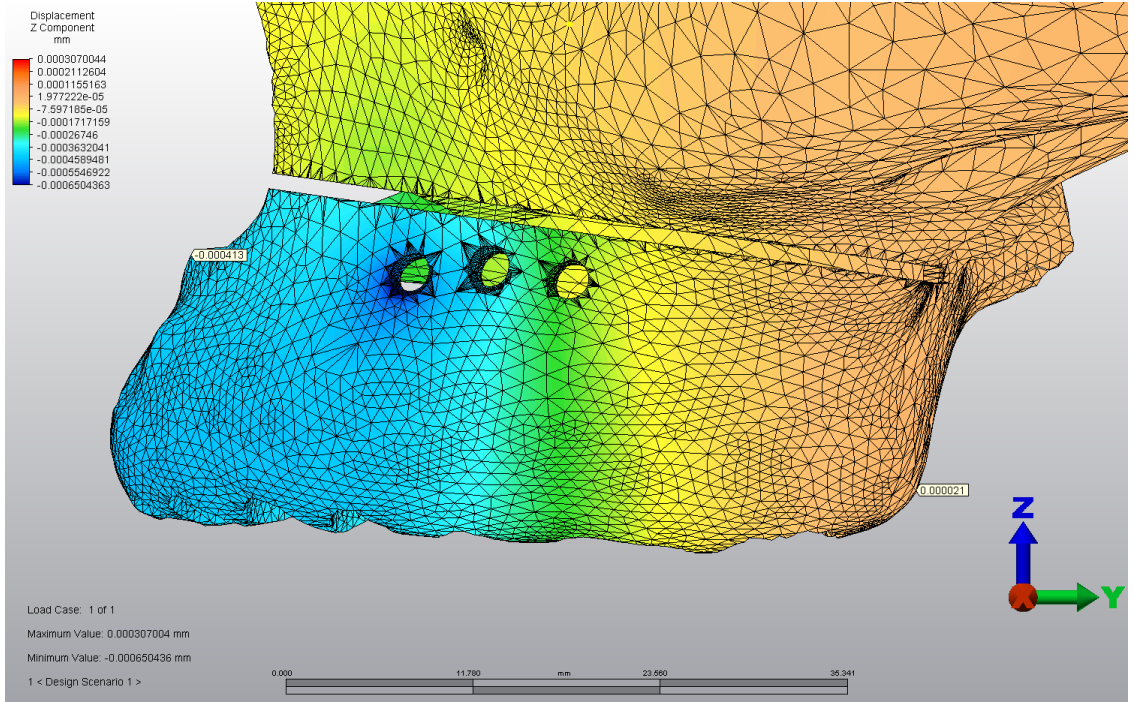


B tipi osteotomi

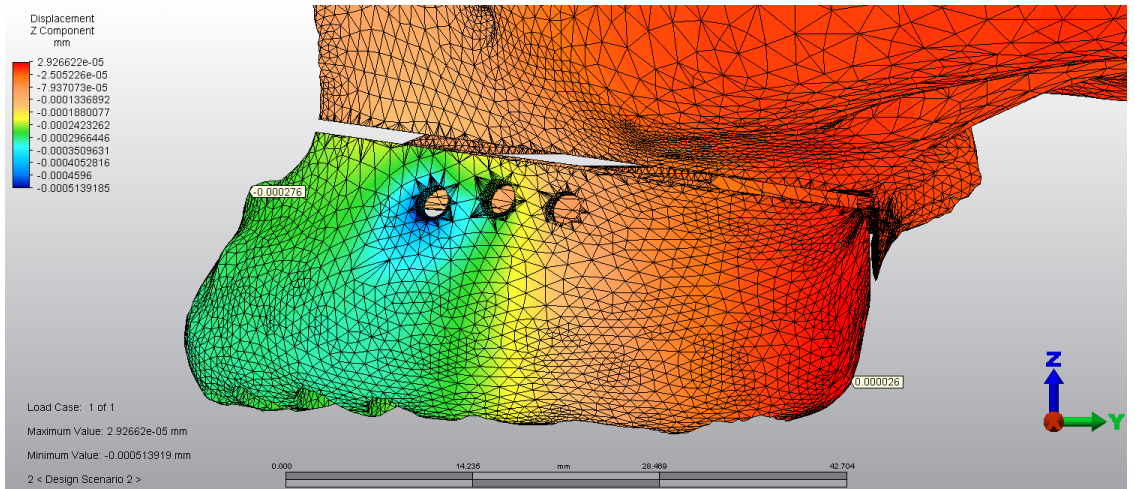


Şekil 18 Birinci apareydeki yer değıştirme miktarı (Y düzlem)

A tipi osteotomi

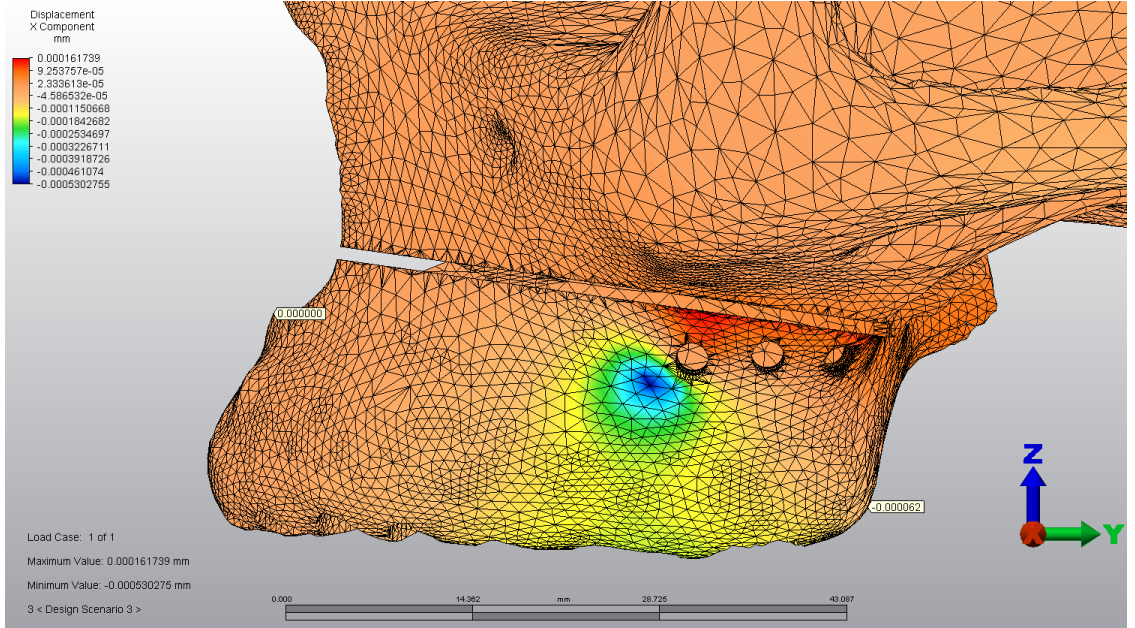


B tipi osteotomi

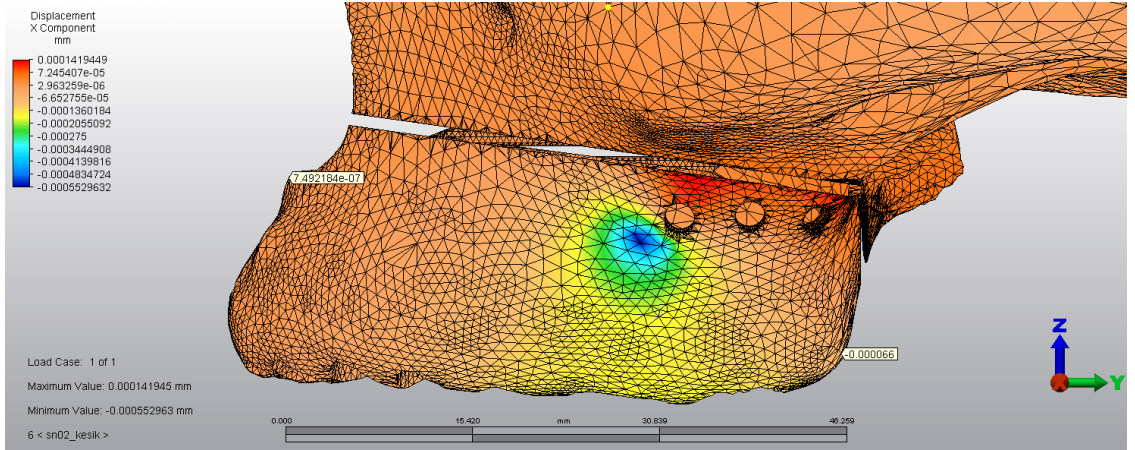


Şekil 19 Birinci apareydeki yer değiştirme miktarı (Z düzlem)

A tipi osteotomi

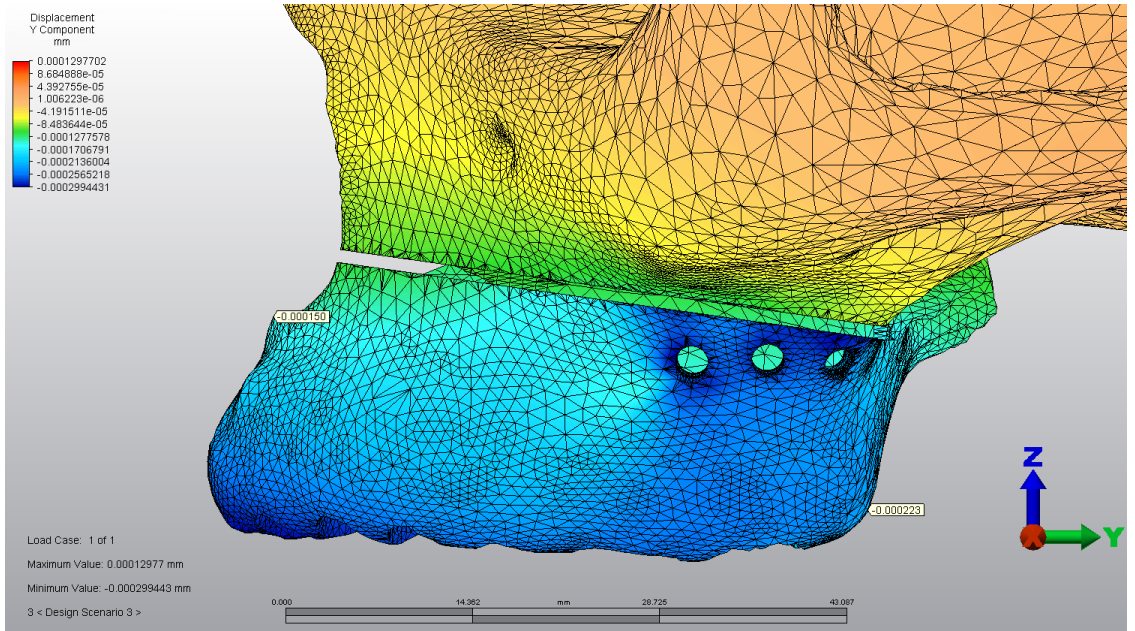


B tipi osteotomi

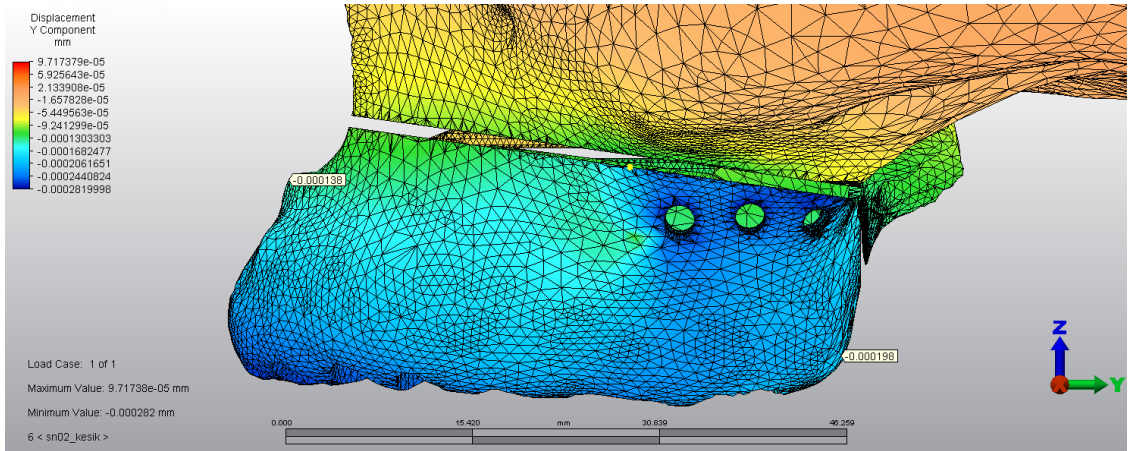


Şekil 20 İkinci apareydeki yer değiştirme miktarı (X düzlem)

A tipi osteotomi

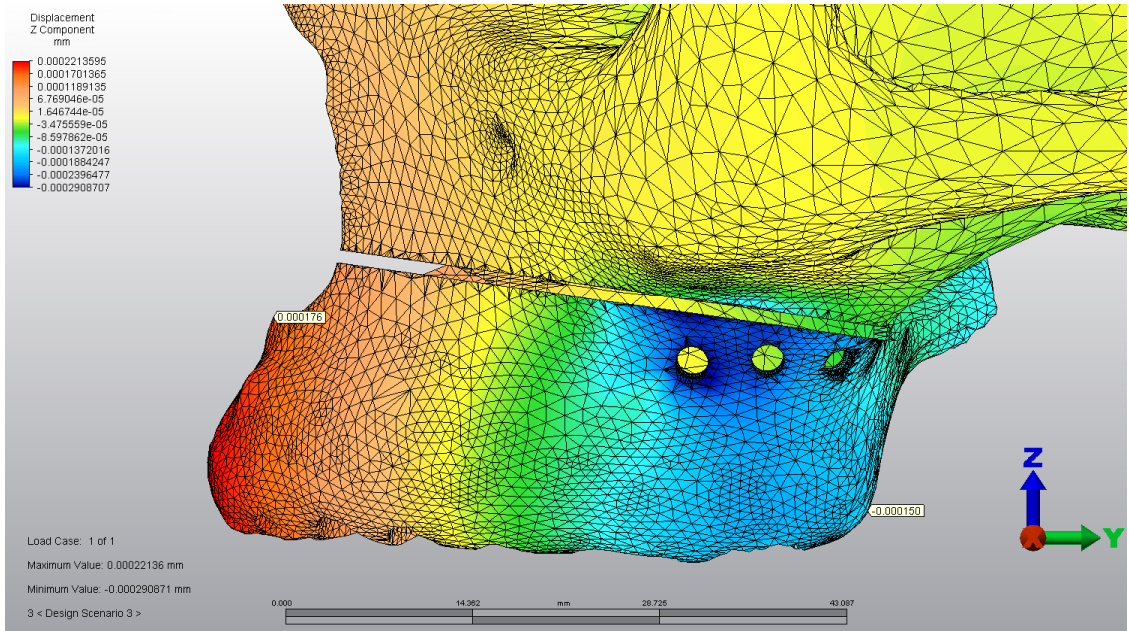


B tipi osteotomi

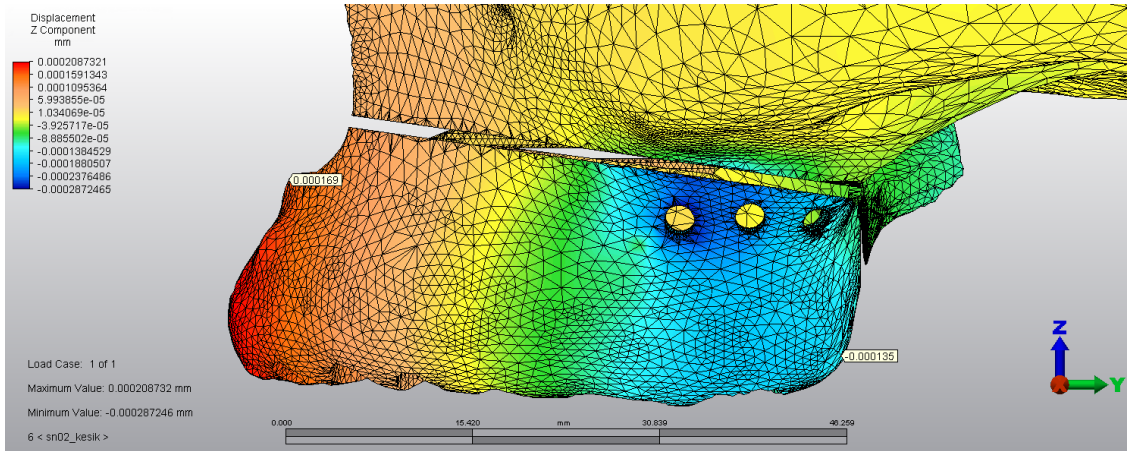


Şekil 21 İkinci apareydeki yer değiştirme miktarı (Y düzlem)

A tipi osteotomi



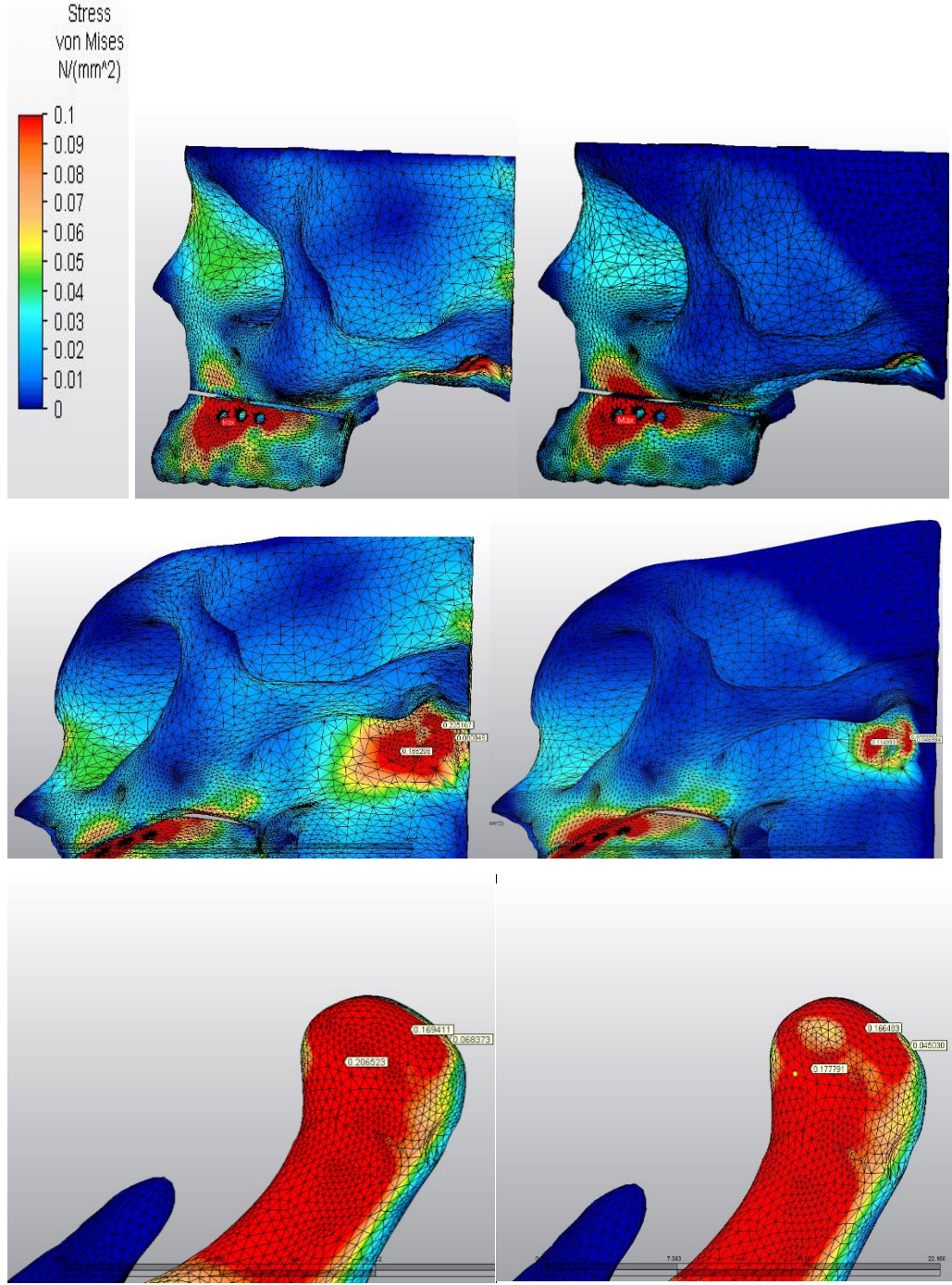
B tipi osteotomi



Şekil 22 İkinci apareydeki yer değiştirme miktarı (Z düzlem)

A tipi osteotomi

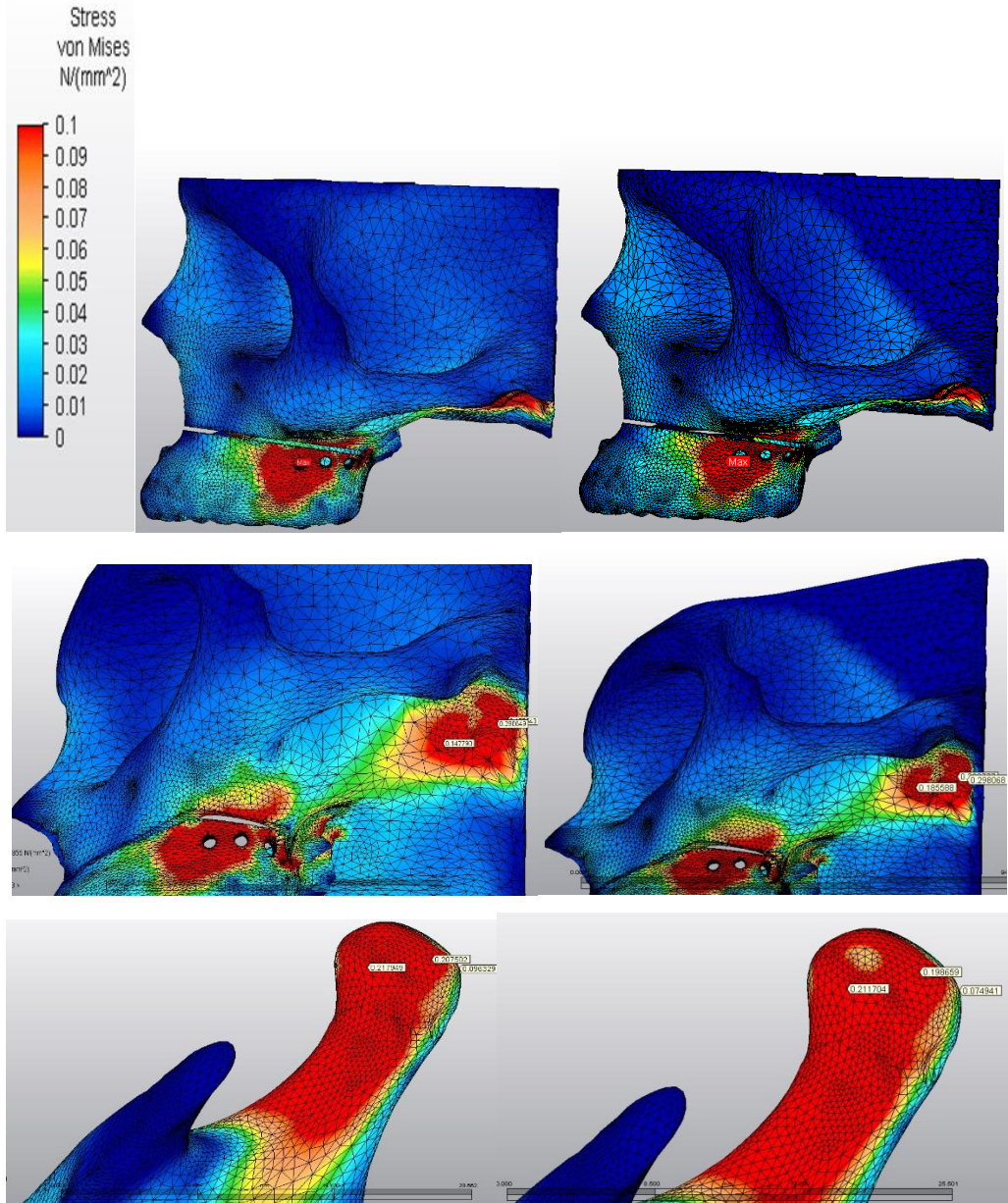
B tipi osteotomi



Şekil 23 İskelet destekli yüz maskesinde stres dağılımı

A tipi osteotomi

B tipi osteotomi



Şekil 24 Kemik destekli Sınıf III traksiyon apareyinde stres dağılımı

5. TARTIŞMA

Büyüme-gelişim sürecini tamamlamış hastalarda iskeletsel Sınıf III maloklüzyonun rehabilitasyonu genellikle cerrahi operasyonla gerçekleştirilir. Ancak, cerrahi prosedürlerle ilişkili komplikasyonlar, klinisyenleri bu komplikasyonları azaltmak için alternatif teknikler bulmaya yönlendirmiştir.

Şar ve arkadaşları (2011), ergenlik sonrası dönemdeki vakalar veya genç hastalar için Lefort I osteotomi veya kortikotomiden sonra yüz maskesinin uygulanmasını tavsiye etmiştir. Bu nedenle bu çalışmada, iskeletsel sınıf III maloklüzyon hastalarında, iki farklı osteotomi protokolü ve iki farklı maksiller protraksiyon apareyi kullanılarak yapılan Lefort I kortikotomisinin TME ve üst çene üzerindeki etkisinin incelenmesini amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, birinci aparey için, üst çene saat yönünde rotasyon göstermiştir. Bu bulgu diş destekli apareyler kullanıldığında üst çenede saat yönünün tersine önemli bir rotasyon meydana geldiğini bildiren diğer çalışmalarla uyumluluk göstermemektedir (Gallagher ve ark., 1998; Ishii ve ark., 1987). Son zamanlarda, mini plak bağlantılı yüz maskesi, palatal düzlemin rotasyonunu ortadan kaldırmasa da en aza indirgediği için popüler hale gelmiştir (Bozkaya ve ark., 2017).

Bazı çalışmaların (Cha ve Ngan, 2011; Kaya ve ark., 2011) bildirdiği sonuçlar bu çalışmanıninkilerden farklıdır. Bu çalışmada üst çenede önemli derecede anterior rotasyon tespit edilmiştir. Önemsiz derecede anterior rotasyon tespit eden çalışmalar da literatürde mevcuttur (Şar ve ark., 2011; Lee ve ark., 2012; Bozkaya ve ark., 2017).

Elde edilen bu sonuç, elastiklerin oklüzal düzlemden 45° aşağıya doğru yönlendirilmesi ve dolayısıyla yüz maskesinin kuvvet vektörünün üst çene direnç merkezinin üzerinden geçmesiyle açıklanabilir. Bu çalışmanın bulguları, iskelet destekli maksiller protraksiyonu simüle eden ve üst çenenin saat yönünde rotasyon sergilediğini bildiren Yan ve arkadaşlarının çalışması (2013) ile uyumludur.

Sonuç olarak üst çenenin saat yönündeki rotasyonu, osteotomi tip A'da ANS noktasının geriye doğru hareketini açıklayabilir.

A tipi osteotomideki saat yönünde rotasyon miktarı, tip B osteotomidekinden daha fazla olduğu saptanmıştır. A tipi osteotomide üst çenenin daha fazla bölgesinin temas halinde olduğu bir gerçektir. Bu durum ise üst çenenin paralel hareketini zorlaştırarak bir rotasyon eksenini etrafında rotasyon hareketi yapmasına neden olmuştur.

Bu noktadan yola çıkıldığında, oklüzal düzlemden aşağı doğru, kuvvet yönü 45° olan, mini plağa sabitlenmiş bir yüz maskesinin, yüzleri uzun olan hastalarda yararlı olacak şekilde, palatal düzlemin saat yönünde rotasyonunu sağlayabileceği sonucuna varılabilir.

Bu çalışmada ikinci aparey, birinci aparey uygulamasına göre öne doğru maksiller yer değiştirme açısından daha anlamlı yanıtlar sunmuştur. Bu sonuç, Cevidanes ve arkadaşlarının (2010) çalışması ile uyumluluk gösterirken; iki aparey arasındaki öne doğru yer değiştirme farkının anlamlı olmadığı Şar ve arkadaşları (2014) tarafından gösterilmiştir.

Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları, B tipi osteotomi ile maksiller ilerlemenin A tipi osteotomidekinden daha az olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, A tipi osteotomi ile indüklenen saat yönünün tersine rotasyonun, B tipi osteotomidekinden daha fazla olmasıyla açıklanabilir. Çünkü bu durum ANS noktası için ileri yönde daha önemli yer değiştirmeye yol açmaktadır.

Yapılan çalışmalarda, kemik ankrajlı mini plaklarla sağlanan sınıf III intermaksiller traksiyonun, üst çenenin saat yönünün tersine rotasyonu ile sonuçlandığı iyi belgelenmiştir (Şar ve ark., 2014; Yılmaz ve ark. 2015; Hevele ve ark., 2018). Bu bulgu araştırmamızla uyumluluk göstermektedir. Saat yönünün tersine rotasyonun nedeni, üst çenenin direnç merkezinden aşağı doğru geçen kuvvet yönü olabilir.

Von mises stres dağılımı:

Karamanli ve arkadaşları (2017) iskelet ankrajlı ve dental ankrajlı yüz maskesinin kraniyofasiyal kompleks üzerindeki biyomekanik etkilerini değerlendirmiştir. Yüz maskesinin çene kısmı aracılığıyla iletilen kuvvetin bir sonucu olarak her iki simülasyonda da kondil boyunları ve çene üzerindeki stres dağılımını göstermişlerdir.

Bu çalışmaya göre her iki aparat da maksimum stres miktarı kondilin ön yüzüne ve glenoid fossa üst yüzünde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, birinci apareydeki (yüz

maskesi) stres miktarı, ikinci apareyden (kemik ankraj) daha azdır. Çeneye uygulanan kuvvet değerinin, bilateral TME'lere aktarılanın neredeyse %75'i kadar olduğu yapılan çalışmalarda anlaşılmıştır (Deguchi ve ark., 1998; Grandori ve ark., 1992).

Lefort I kortikotomisinin iskelet destekli yüz maskesi veya sınıf III traksiyon apareyi kullanımı ile birleştirilmesi yetişkin hastalarda alternatif bir tedavi olabilir.

Bu çalışmada FEA modellerinde kuvvet, deri ve kaslar gibi yumuşak dokulardan bağımsız olacak şekilde, yalnızca maksiller protraksiyon olacak şekilde simüle edilmiştir. Bu durum, FEM'in bir limitasyonu olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle, bu çalışmanın bulgularının, zaman etkisi ve anatomik farklılıklar gibi FEM limitasyonlarının ortadan kaldırıldığı klinik çalışmalarla değerlendirmesi önerilmektedir.

Ayrıca, bu çalışmada oklüzal düzleme 45° aşağı yönde kuvvet uygulayarak gerçekleştirilen maksiller protraksiyonun etkileri araştırılmıştır. Bu nedenle, farklı traksiyon vektörleri veya farklı mini plak konumları kullanarak maksiller protraksiyonun değerlendirilmesine yönelik yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

6. Sonuç

Çalışmamıza göre kemik destekli Sınıf III traksiyon apareyi, iskelet destekli yüz maskesine göre maksiller öne doğru yer değiştirme açısından daha etkilidir. İki farklı maksiller kesim kullanmak, yetişkin hastalarda maksiller protraksiyon için yararlı bir alternatiftir.

B tipi osteotomideki rotasyon miktarı, A tipi osteotomidekinden daha azdır.

Ayrıca, Yüz maskesinin TME üzerinde oluşturduğu stres, kemik destekli sınıf III traksiyon apareyinin oluşturduğu stres miktarına kıyasla daha azdır.

7. References:

- Abdelnaby YL, Nassar EA. Chin cup effects using two different force magnitudes in the management of Class III malocclusions. Angle Orthod.2010;80: 957-962.
- Acebal-Bianco F, Vuylsteke PL, Mommaerts MY, De Clercq CA. Perioperative complications in corrective facial orthopedic surgery: a 5-year retrospective study. J oral maxillofac surg.2000;58: 754-760.
- Angle EH. Treatment of malocclusion of the teeth and fractures of the maxillae: Angle's system.1990. White Dental Manufacturing Company.
- Angle EH. Treatment of Malocclusion of the Teeth: Angle's System. Greatly Enl. and Entirely Rewritten, with Six Hundred and Forty-one Illustrations.1907. SS White dental manufacturing Company.
- Aristeguieta LMR, Acuña LEB, Ortiz GPS. A Direct Anatomical Study of the Morphology and Functionality of Disco-malleolar and Anterior Malleolar Ligaments. Int J Morphol. 2009;27:367-379.
- Baccetti T, Reyes BC, McNamara JA. Gender differences in Class III malocclusion. Angle Orthod. 2005;75: 510-520.
- Baccetti T, Reyes BC, McNamara Jr JA. Craniofacial changes in Class III malocclusion as related to skeletal and dental maturation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;132: 171-e1.

- Bailey LT, Proffit WR, White Jr RP. Trends in surgical treatment of Class III skeletal relationships. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1995;10: 108-118.
- Barrett AA, Baccetti T, McNamara Jr JA. Treatment effects of the light-force chincup. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138: 468-476.
- Barry M, Kennedy D, Keating K, Schauperl Z. Design of dynamic test equipment for the testing of dental implants. *Mater Des.* 2005;26:209–216.
- Behrents RG. Growth in the Aging Craniofacial Skeleton. Ann Arbor, Mich: Center for Human Growth and Development, University of Michigan; 1985.
- Bell WH, Levy BM. Revascularization and bone healing after posterior maxillary osteotomy. *J Oral Surg.* 1971;29: 313-320.
- Bell WH, You ZH, Finn RA, Fields RT. Wound healing after multisegmental Le Fort I osteotomy and transection of the descending palatine vessels. *Oral Maxillofac Surg.* 1995;53: 1425-1433.
- Bell WH. Biologic basis for maxillary osteotomies. *Am J Phys Anthropol.* 1973;38: 279-289.
- Bell WH. Le Forte I osteotomy for correction of maxillary deformities. *J oral surg.*1975; 33: 412-426.
- Bell WH. Revascularization and bone healing after anterior maxillary osteotomy. *J Oral Surg.* 1970;28: 196-203.

- Bhatia SN, Leighton BC. A Manual of Facial Growth: A Computer Analysis of Longitudinal Cephalometric Growth Data. Oxford: Oxford University Press; 1993.
- Bouloux GF, Bays RA. Neurosensory recovery after ligation of the descending palatine neurovascular bundle during Le Fort I osteotomy. *Oral Maxillofac Surg.* 2000; 58: 841-845.
- Bozkaya E, Yüksel AS, Bozkaya S. Zygomatic miniplates for skeletal anchorage in orthopedic correction of Class III malocclusion: A controlled clinical trial. *Korean J Orthod.* 2017;47: 118-129.
- British Standards Institution. British standard glossary of dental terms. London: British Standards Institution; 1983.
- Cevidanes L, Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr JA, De Clerck H. Comparison of two protocols for maxillary protraction: bone anchors versus face mask with rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2010;80: 799-806.
- Cha BK, Ngan PW. Skeletal anchorage for orthopedic correction of growing class III patients. *Semin Orthod.* 2011;17: 124-137.
- Chatzoudi MI, Ioannidou-Marathiotou I, Papadopoulos MA. Clinical effectiveness of chin cup treatment for the management of Class III malocclusion in pre-pubertal patients: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod.* 2014;15: 62.
- Chen F, Terada K, Yang L, Saito I. Dental arch widths and mandibular-maxillary base widths in Class III malocclusions from ages 10 to 14. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133: 65-69.

- Cheung LK, Fung SC, Li T, Samman N. Posterior maxillary anatomy: implications for Le Fort I osteotomy. *Int J oral max surg.* 1998;27: 346-351.
- Cheynet F, Guyot L, Richard O, Layoun W, Gola R. Discomalleolar and malleomandibular ligaments: anatomical study and clinical applications. *Surg Radiol Anat.* 2003; 25: 152-157.
- Cortese A. Le Fort I osteotomy for maxillary repositioning and distraction techniques. Maastricht, Netherlands: Institute for new technologies; 2012,p:23-58.
- Daas M, Dubois G, Bonnet A, Lipinski P, Rignon-Bret C. A complete finite element model of a mandibular implant-retained overdenture with two implants: comparison between rigid and resilient attachment configurations. *Med Eng Phys.* 2008;30:218–225.
- Daegling D, Hylander W. Experimental observation, theoretical models, and biomechanical inference in the study of mandibular form. *Am J Phys. Anthropol.* 2000;112:541–551.
- Dalgorf D, Higgins K. Reconstruction of the midface and maxilla. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008;16: 303-311.
- Danesh-Sani SA, Loomer PM, Wallace SS. A comprehensive clinical review of maxillary sinus floor elevation: anatomy, techniques, biomaterials and complications. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2016;54: 724-730.
- De Clerck H, Cevidanes L, Baccetti T. Dentofacial effects of bone-anchored maxillary protraction: a controlled study of consecutively treated Class III patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138: 577-581.

- De Clerck HJ, Cornelis MA, Cevidanes LH, Heymann GC, Tulloch CJ. Orthopedic traction of the maxilla with miniplates: a new perspective for treatment of midface deficiency. *Oral Maxillofac Surg.* 2009;67: 2123-2129.
- De Clerck HJ, Proffit WR. Growth modification of the face: A current perspective with emphasis on Class III treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148: 37-46.
- Deguchi T, Uematsu S, Kawahara Y, Mimura H. Clinical evaluation of temporomandibular joint disorders (TMD) in patients treated with chin cup. *Angle Orthod.* 1998;68: 91-94.
- Di Fabio RP. Physical Therapy for Patients With TMD: A Descriptive Study of Treatment, Disability, and Health Status. *J Orofac Pain.* 1998;12:124-135.
- Drake R, Vogl AW, Mitchell AW, Tibbitts R, Richardson P. *Gray's Atlas of Anatomy.* Elsevier Health Sciences. 2020.
- Eckerdal O. The petrotympanic fissure: a link connecting the tympanic cavity and the temporomandibular joint. *CRANIO.* 1991;9: 15-22.
- Ellingsen RH. Pulpal response to orthognathic surgery: a long-term radiographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;103: 338-343.
- Ellis III E, McNamara Jr JA. Components of adult Class III malocclusion. *Oral Maxillofac Surg.* 1984;42: 295-305.
- Elnagar MH, Elshourbagy E, Ghobashy S, Khedr M, Kusnoto B, Evans CA. Three-dimensional assessment of soft tissue changes associated with bone-anchored maxillary protraction protocols. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;152: 336-347.

- Færøvig E, Zachrisson BU. Effects of mandibular incisor extraction on anterior occlusion in adults with Class III malocclusion and reduced overbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115: 113-124.
- Farnsworth D, Rossouw PE, Ceen RF, Buschang PH. Cortical bone thickness at common miniscrew implant placement sites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139: 495-503.
- Freedman M, Ring M, Stassen L. Effect of alveolar bone support on zygomatic implants: a finite element analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013;42:671–676.
- Fricke-Zech S, Gruber RM, Dullin C, Zapf A, Kramer FJ, Kubein-Meesenburg D, Hahn W. Measurement of the midpalatal suture width: A comparison of flat-panel volume computed tomography to histomorphometric analysis in a porcine model. *Angle Orthod.* 2012;82: 145-150.
- Gallagher RW, Miranda F, Buschang P. Maxillary protraction: treatment and posttreatment effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113: 612-619.
- Gautam P, Valiathan A, Adhikari R. Stress and displacement patterns in the craniofacial skeleton with rapid maxillary expansion: a finite element method study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132: 5-e1.
- Geng J, Tan K, Liu G. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2001;85:585–598.
- Giancotti A, Maselli A, Mampieri G, Spanò E. Pseudo-class III malocclusion treatment with Balters' Bionator. *J Orthod.*2014;30: 203-215.

- Gökalp H, Kurt G. Magnetic resonance imaging of the condylar growth pattern and disk position after chin cup therapy: a preliminary study. *Angle Orthod.* 2005;75: 568-575.
- Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KW, Huang GJ. *Orthodontics: Current Principles & Techniques.* 6th ed. Philadelphia: Elsevier/Mosby; 2016.
- Grandori F, Merlini C, Amelotti C, Plasente M, Tadini G, Ravazzani P. A mathematical model for the computation of the forces exerted by the facial orthopedic mask. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;101: 441-448.
- Guyer EC, Ellis EE, McNamara JA, Behrents RG. Components of Class III malocclusion in juveniles and adolescents. *Angle Orthod.* 1986;56: 7-30.
- Haghnegahdar A, Khojastepour L, Naderi A. Evaluation of infraorbital canal in cone beam computed tomography of maxillary sinus. *J Dent.* 2018;19: 41-47.
- Hansson T, Nordström B. Thickness of the soft tissue layers and articular disk in temporomandibular joints with deviations in form. *Acta Odontol. Scand.* 1977;35: 281-288.
- Hart R, Hennebel V, Thongpreda N, Van Buskirk W, Anderson R. Modeling the biomechanics of the mandible: a three-dimensional finite element study. *J Biomech.* 1992;25:261–286.
- Hata S, Itoh T, Nakagawa M, Kamogashira K, Ichikawa K, Matsumoto M, Chaconas SJ. Biomechanical effects of maxillary protraction on the craniofacial complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;91: 305-311.
- Himmlova L, Dostálová T, Kácovsky A, Konvi kova S. Influence of implant cc length and diameter on stress distribution: a finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2004;91:20–25.

- Hiranuma Y, Yamamoto Y, Iizuka T. Strain distribution during separation of the pterygomaxillary suture by osteotomes: comparison between Obwegeser's osteotome and Swan's neck osteotome. *J Craniomaxillofac Surg.* 1988;16: 13-17.
- Hoffman GR., Islam S. The difficult Le Fort I osteotomy and downfracture: a review with consideration given to an atypical maxillary morphology. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2008; 61: 1029-1033.
- Hrennikoff A. Solution of problems of elasticity by the framework method. *J appl Mech.* 1941; 53:51-60.
- Ishii H, Morita S, Takeuchi Y, Nakamura S. Treatment effect of combined maxillary protraction and chin cap appliance in severe skeletal Class III cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;92: 304-312.
- Jacobson A, Evans WG, Preston CB, Sadowsky PL. Mandibular prognathism. *Am J Orthod.* 1974;66: 140-171.
- Jakobsone G, Stenvik A, Sandvik L, Espeland L. Three-year follow-up of bimaxillary surgery to correct skeletal Class III malocclusion: stability and risk factors for relapse. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139: 80-89.
- Jaradat M. An Overview of Class III Malocclusion (Prevalence, Etiology and Management). *J Adv Med Med Res.* 2018; 25: 1-13.
- Johnson LM, Arnett GW. Pyramidal osseous release around the descending palatine artery: a surgical technique. *J Oral Maxillofac Surg.* 1991;49: 1356-1357.

- Johnston C, Burden D, Kennedy D, Harradine N, Stevenson M. Class III surgical-orthodontic treatment: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130: 300-309.
- Justus T, Chang BL, Bloomquist D, Ramsay DS. Human gingival and pulpal blood flow during healing after Le Fort I osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001;59: 2-7.
- Karamanli BD, Kılıçoğlu H, Karamanli AF. Evaluation of the effects of the dental and skeletal anchored face mask therapies on the craniofacial system by using nonlinear finite element analysis. *APOS Trends Orthod.* 2017;7: 267-272.
- Kaya D, Kocadereli I, Kan B, Tasar F. Effects of facemask treatment anchored with miniplates after alternate rapid maxillary expansions and constrictions; a pilot study. *Angle Orthod.* 2011;81: 639-646.
- Kerr WJS, Miller S, Dawber JE. Class III malocclusion: surgery or orthodontics?. *Br J Orthod.* 1992;19: 21-24.
- Kim HJ, Jung HS, Kwak HH, Shim KS, Hu KS, Park HD, Chung IH. The discomalleolar ligament and the anterior ligament of malleus: an anatomic study in human adults and fetuses. *Surg Radiol Anat.* 2004;26: 39-45.
- Kim KY, Bayome M, Park JH, Kim KB, Mo SS, Kook YA. Displacement and stress distribution of the maxillofacial complex during maxillary protraction with buccal versus palatal plates: finite element analysis. *Eur J Orthod.* 2015;37: 275-283.
- Kim MR, Graber TM, Viana MA. Orthodontics and temporomandibular disorder: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;121: 438-446.

- Kitagawara K, Kobayashi T, Goto H, Yokobayashi T, Kitamura N, Saito C. Effects of mandibular setback surgery on oropharyngeal airway and arterial oxygen saturation. *Int J Oral Max Surg.* 2008;37: 328-333.
- Kramer FJ, Baethge C, Swennen G, Teltzrow T, Schulze A, Berten J, Brachvogel P. Intra-and perioperative complications of the LeFort I osteotomy: a prospective evaluation of 1000 patients. *J Craniofac Surg.* 2004;15: 971-977.
- Kühnel TS, Reichert TE. Trauma of the midface. *Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg.* 2015;14: 1-45.
- Kumar SA, Shetty K., Prakash AT. Pseudo-Class III: Diagnosis and Simplistic Treatment. *J Indian Orthod Soc.* 2011;45: 198-201.
- Kuttilla S, Kuttilla M, Bell YL, Alanen P, Suonpää J. Recurrent tinnitus and associated ear symptoms in adults Acúfeno recurrente y síntomas asociados del oído en adultos. *Int J Audiol.* 2005;44: 164-170.
- Lake S, Iwanaga J, Kikuta S, Oskouian RJ, Loukas M, Tubbs RS. The incisive canal: a comprehensive Review. *Cureus.*2018;10: 1-11.
- Langenbeck BV. Beitrag zur Osteoplastik—Die osteoplastische Resektion des Oberkiefers. *Deutsche Klinik.* Reimer, Berlin; 1859.
- Langendoen J, Müller J, Jull GA. Retrodiscal tissue of the temporomandibular joint: clinical anatomy and its role in diagnosis and treatment of arthropathies. *Man Ther.* 1997;2: 191-198.
- Lanigan DT, Guest P. Alternative approaches to pterygomaxillary separation. *Int J Oral Max Surg.* 1993;22: 131-138.

- Lanigan DT, Hey JH, West RA. Aseptic necrosis following maxillary osteotomies: report of 36 cases. *Oral Maxillofac Surg.* 1990;48: 142-156.
- Lanigan DT, Hey JH, West RA. Aseptic necrosis following maxillary osteotomies: report of 36 cases. *Oral Maxillofac Surg.* 1990;48: 142-156.
- Lanigan DT, Romanchuk K, Olson CK. Ophthalmic complications associated with orthognathic surgery *Oral Maxillofac Surg.* 1993;51: 480-494.
- Lanigan DT, Tubman DE. Carotid-cavernous sinus fistula following Le Fort I osteotomy. *Oral Maxillofac Surg.* 1987;45: 969-975.
- Lee NK, Yang IH, Baek SH. The short-term treatment effects of face mask therapy in Class III patients based on the anchorage device: miniplates vs rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2012;82: 846-852.
- Lee SC, Park JH, Bayome M, Kim KB, Araujo EA, Kook YA. Effect of bone-borne rapid maxillary expanders with and without surgical assistance on the craniofacial structures using finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145: 638-648.
- Litton SF, Ackermann LV, Isaacson RJ, Shapiro BL. A genetic study of Class III malocclusion. *Am J Orthod.* 1970;58: 565-577.
- Loughner BA, Larkin LH, Mahan PE. Discomalleolar and anterior malleolar ligaments: possible causes of middle ear damage during temporomandibular joint surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989;68: 14-22.

- Mackerle J. Finite element modelling and simulations in dentistry: a bibliography 1990–2003. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2004;7:277–303.
- Magee DJ. *Orthopedic physical assessment.* 6th ed. St. Louis, Mo: Elsevier; 2014.
- Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, and Endodontol.* 2003;96: 508-513.
- McGuinness NJ, Wilson AN, Jones ML, Middleton J. A stress analysis of the periodontal ligament under various orthodontic loadings. *Eur J Orthod.* 1991;13(3), 231-242.
- McHenry D. A Lattice Analogy For The Solution of Stress Problems. *J Inst Civ Eng.* 1943;21:59–82.
- Meijer H, Kuiper J, Starmans F, Bosman F. Stress distribution around dental implants: influence of superstructure, length of implants, and height of mandible. *J Prosthet Dent.* 1992;68:96–102.
- Mischkowski RA, Pulsfort R, Ritter L, Neugebauer J, Brochhagen HG, Keeve E, Zöller JE. Geometric accuracy of a newly developed cone-beam device for maxillofacial imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, and Endodontol.* 2007;104: 551-559.
- Moore KL, Dalley AF. *Clinically oriented anatomy.* India: Wolters kluwer ; 2018.

- Nanda, R. (2005). *Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics*. St. Louis: Elsevier Health Sciences; 2005.
- Ngan P, Moon W. Evolution of Class III treatment in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015;148: 22-36.
- Nielsen L, Melsen B, Terp S. TMJ function and the effects on the masticatory system on 14–16-year-old Danish children in relation to orthodontic treatment. *Eur J Orthod*. 1990;12: 254-262.
- O'Regan B, Bharadwaj G. Prospective study of the incidence of serious posterior maxillary haemorrhage during a tuberosity osteotomy in low level Le Fort I operations. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2007;45: 538-542.
- Ogle OE, Weinstock RJ, Friedman E. Surgical anatomy of the nasal cavity and paranasal sinuses. *Oral Maxillofac Surg Clin*. 2012;24: 155-166.
- Okay DJ, Genden E, Buchbinder D, Urken M. Prosthodontic guidelines for surgical reconstruction of the maxilla: a classification system of defects. *J Prosthet Dent*. 2001;86: 352-363.
- Okeson JP. *Management of temporomandibular disorders and occlusion*. Elsevier Health Sciences. 2019.
- Panula K, Finne K, Oikarinen K. Incidence of complications and problems related to orthognathic surgery: a review of 655 patients. *J Oral Maxillofac Surg*. 2001;59: 1128-1136.
- Park JH, Yu J, Bullen R. Camouflage treatment of skeletal Class III malocclusion with conventional orthodontic therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017;151: 804-811.

- Parnes EI, Becker ML. Necrosis of the anterior maxilla following osteotomy: Report of a case. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972;33: 326-330.

- Phulari BS. *Orthodontics: principles and practice.* JP Medical Ltd; 2011.

- Precheur HV. *Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery.* Michael Miloro, Peter E. Larsen, GE Ghali, Peter D. Waite (Eds.), BC Decker, Inc. Hamilton (Canada) and London (UK); 2005, p: 1502.

- Procopio O, Fusetti S, Liessi G, Ferronato G. False aneurysm of the sphenopalatine artery after a Le Fort I osteotomy: report of 2 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003;61: 520-524.

- Proff P, Will F, Bokan I, Fanghänel J, Gedrange T. Cranial base features in skeletal Class III patients. *Angle Orthod.* 2008;78: 433-439.

- Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary orthodontics* 4th ed. Philadelphia: Mosby; 2007.

- Proffit WR, Phillips C, Turvey TA. Stability after mandibular setback: mandible-only versus 2-jaw surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70: e408-e414.

- Proffit WR, White RP. *Surgical-orthodontic treatment.* St. Louis : Mosby; 1991.

- Pullinger AG, Baldiodeda F, Bibb CA. Relationship of TMJ articular soft tissue to underlying bone in young adult condyles. *J Dent Res.*1990;69: 1512-1518.

- Rabie ABM, Gu Y. Diagnostic criteria for pseudo–Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117: 1-9.
- Rakosi T, Schilli W. Class III anomalies: a coordinated approach to skeletal, dental, and soft tissue problems. *J Oral Surg.* 1981;39(11), 860.
- Regan BO, Bharadwaj G. The identification and protection of the descending palatine artery in Le Fort I osteotomy: A forgotten technique?. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2007;45: 412-414.
- Ren YF, Isberg A. Tinnitus in patients with temporomandibular joint internal derangement. *CRANIO.* 1995;13: 75-80.
- Renick BM, Symington JM. Postoperative computed tomography study of pterygomaxillary separation during the Le Fort I osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 1991;49: 1061-1065.
- Robinson PP, Henry CW. Pterygoid plate fractures caused by the Le Fort I osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1986;24: 198-202.
- Rowicki T, Zakrzewska J. A study of the discomalleolar ligament in the adult human. *Folia Morphol.* 2006;65: 121-125.
- Sadrameli M, Mupparapu M. Oral and maxillofacial anatomy. *Radiol Clin.* 2018;56: 13-29.
- Saffar JL, Lasfargues JJ, Cherruau M. Alveolar bone and the alveolar process: the socket that is never stable. *Periodontol 2000.* 1997;13: 76-90.

- Şar Ç, Arman-Özçırpıcı A, Uçkan S, Yazıcı AC. Comparative evaluation of maxillary protraction with or without skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139: 636-649.
- Şar Ç, Şahinoğlu Z, Özçırpıcı AA, Uçkan S. Dentofacial effects of skeletal anchored treatment modalities for the correction of maxillary retrognathia. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145: 41-54.
- Shepherd J. Hypotensive anaesthesia and blood loss in orthognathic surgery. *Evid Based Dent.* 2004;5: 16-16.
- Shyam Sundar S, Nandlal B, Saikrishna D, Mallesh G. Finite Element Analysis: A Maxillofacial Surgeon's Perspective. *J Maxillofac Oral Surg.* 2012;11:206–211.
- Smith A, Freer TJ. Post-orthodontic occlusal function. *Aust Dent J.* 1989;34: 301-309.
- Soh J, Sandham A, Chan YH. Occlusal status in Asian male adults: prevalence and ethnic variation. *Angle Orthod.* 2005;75: 814-820.
- Soriano RM, M Das J. Anatomy, Head and Neck, Maxilla. In: *StatPearls.* StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2019.
- Stajčić Z. Altering the angulation of a curved osteotome—Does it have effects on the type of pterygomaxillary disjunction in Le Fort I osteotomy? An experimental study. *Int J Oral Max Surg.* 1991;20: 301-303.
- Staudt CB, Kiliaridis S. Different skeletal types underlying Class III malocclusion in a random population. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136: 715-721.

- Stellzig-Eisenhauer A, Lux CJ, Schuster G. Treatment decision in adult patients with Class III malocclusion: orthodontic therapy or orthognathic surgery?. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122: 27-37.
- Sugawara J. Clinical practice guidelines for developing Class III malocclusion. *Esthetics and Biomechanics in Orthodontics-E-Book*; 2012,p: 294.
- Tanne K, Tanaka E, Sakuda M. Stress distribution in the temporomandibular joint produced by orthopedic chin cup forces applied in varying directions: a three-dimensional analytic approach with the finite element method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;110: 502-507.
- Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakis CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol.* 2005;56: 413-417.
- Tuncer BB, Kaygisiz E, Tuncer C, Yüksel S. Pharyngeal airway dimensions after chin cup treatment in Class III malocclusion subjects. *J Oral Rehabil.* 2009;36: 110-117.
- Turvey TA, Fonseca RJ. The anatomy of the internal maxillary artery in the pterygopalatine fossa: its relationship to maxillary surgery. *J Oral Surg.* 1980;38: 92-5.
- Ujigawa K, Kato Y, Kizu Y, Tonogi M, GY Y. Three- dimensional finite elemental analysis of zygomatic implants in craniofacial structures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007;36:620–625.
- Van de Perre JP, Stoelinga PJ, Blijdorp PA, Brouns JJ, Hoppenreijts TJ. Perioperative morbidity in maxillofacial orthopaedic surgery: a retrospective study. *J Craniomaxillofac Surg.* 1996;24: 263-270.

- Van Hevele J, Nout E, Claeys T, Meyns J, Scheerlinck J, Politis C. Bone-anchored maxillary protraction to correct a class III skeletal relationship: A multicenter retrospective analysis of 218 patients. *J Craniomaxillofac Surg.* 2018;46: 1800-1806.
- Van Staden R, Guan H, Loo Y. Application of the finite element method in dental implant research. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2006; 9:257–270.
- Vikram NR, Hashir YM, Karthikeyan MK. Finite element method in orthodontics. *Indian Journal of multidisciplinary dentistry/* 2010; 1.
- Wang M, Qu X, Cao M, Wang D, Zhang C. Biomechanical three- dimensional finite element analysis of prostheses retained with/without zygoma implants in maxillectomy patients. *J Biomech.* 2013;46:1155–1161.
- Wells AP, Sarver DM, Proffit WR. Long-term efficacy of reverse pull headgear therapy. *Angle Orthod.* 2006;76: 915-922.
- Wendl B, Stampfl M, Muchitsch AP, Droschl H, Winsauer H, Walter A, Wendl T. Long-term skeletal and dental effects of facemask versus chin cup treatment in Class III patients. *J Orofac Orthop.* 2017;78; 293-299.
- Wong H, Tang W. Finite element analysis of the effects of focal adhesion mechanical properties and substrate stiffness on cell migration. *J Biomech.* 2011;44:1046–1050.
- Wright EF, Bifano SL. Tinnitus improvement through TMD therapy. *J Am Dent Assoc.* 1997;128: 1424-1432.

- Wyatt WE. Preventing adverse effects on the temporomandibular joint through orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*1987;91: 493-499.
- Yamauchi K, Mitsugi M, Takahashi T. Maxillary distraction osteogenesis using Le Fort I osteotomy without intraoperative down-fracture. *Int J Oral Max Surg.* 2006;35: 493-498.
- Yan X, He W, Lin T, Liu J, Bai X, Yan G, Lu L. Three-dimensional finite element analysis of the craniomaxillary complex during maxillary protraction with bone anchorage vs conventional dental anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*2013;143: 197-205.
- Yilmaz HN, Garip H, Satilmis T, Kucukkeles N. Corticotomy-assisted maxillary protraction with skeletal anchorage and Class III elastics. *Angle Orthod.* 2015;85: 48-57.